

POSTĘP TECHNICZNY W GEOFIZYCE STOSOWANEJ DLA POTRZEB GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ, HYDROGEOLOGII ORAZ SUROWCÓW STAŁYCH W POLSCE

UKD 550.83.001.6:624.131.32:551.49:553.3/.97

Systematyczne udoskonalanie metod geofizycznych oraz możliwość rozwiązywania za ich pomocą nowych problemów spowodowały szerokie ich zastosowanie w różnych dziedzinach naszego życia. Osiągnięte to zostało w wyniku nowych konstrukcji aparatów pomiarowych oraz nowych rozwiązań metodycznych; niekiedy wskutek śmiałego stosowania znanych odmian badań geofizycznych do rozwiązywania problemów osiąganych dotychczas innymi sposobami, np. wierceniami. Ze względu na ogromny zakres zastosowania badań geofizycznych, począwszy od zagadnień hydrogeologicznych i budowlanych aż po regionalne rozpoznanie głęboko zalegających utworów geologicznych, ważnym zagadnieniem jest właściwe sformułowanie zadań stawianych przed zapleczem naukowo-badawczym i następnie odpowiednia koncentracja kadry oraz środków wokół najważniejszych wybranych problemów. Właściwe wykorzystanie osiągnięć nauki i postępu technicznego stanowi skuteczne narzędzie rozwoju geofizyki, a tym samym rozwoju gospodarki narodowej.

W niniejszym artykule przedstawiono przegląd ważniejszych osiągnięć w zakresie postępu technicznego w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie wykorzystanych dla potrzeb hydrogeologii i geologii inżynierskiej, budownictwa, poszukiwania i badania złóż rud i innych surowców stałych w latach 1967—68 i częściowo 1969 r. Materiałami wyjściowymi dla przedstawianych tu problemów były własne opracowania postępu technicznego przedsiębiorstwa lub opracowane wspólnie z Katedrą Geofizyki AGH, Zakładem Geofizyki PAN, czy Instytutem Geologicznym oraz tematyka podejmowana w oparciu o doświadczenia zebrane w kraju lub za granicą przez specjalistów geofizyków.

Dla bardziej obrazowego scharakteryzowania omawianego zagadnienia nowe problemy zostały zestawione w formie tabeli, a następnie omówione w poszczególnych rozdziałach. Krótki przegląd nowych osiągnięć w zakresie geofizyki dla potrzeb geologii inżynierskiej hydrogeologii i surowców stałych oraz uzyskanych wyników w ostatnich latach pozwoli uwypuklić charakter i kierunki zachodzących w nich przemian oraz sprecyzować wyraźniej najważniejsze zadania na tym odcinku na najbliższe lata.

GEOFIZYKA DLA POTRZEB GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ, HYDROGEOLOGII I SUROWCÓW STAŁYCH

Szeroki zakres problematyki poszukiwań i dokumentowania złóż kopalin stałych oraz budownictwa, hydrogeologii i geologii inżynierskiej stwarza duże

możliwości dla dalszego rozwoju badań geofizycznych. Zastosowanie metod geofizycznych do rozwiązywania wspomnianych problemów umożliwiło uzyskanie szeregu interesujących rezultatów. Wyniki badań oraz zapotrzebowanie kraju na podejmowanie wspomnianej tematyki w specjalny sposób podkreślają konieczność szerokiego rozwijania tego kierunku.

Mikrogravimetria

Wyposażenie zespołów terenowych w precyzyjne grawimetry oraz zastosowanie odpowiedniej metodyki pomiarów pozwala mierzyć obecnie pola anomalne z dokładnością rzędu $\pm 0,015$ mgł. Ten wariant metody grawimetrycznej umożliwia wykrywanie anomalii, których maksymalna amplituda wynosi 0,1—0,25 mgł i znajduje duże powodzenie w rozwiązywaniu górniczych i budowlanych problemów związanych z budową geologiczną płytko zalegających utworów karbońskich (wykrywanie małych uskoków, szczelin i innych nieciągłości). Pomiaru te ze względu na bardzo małe wielkości mierzonych pól anomalnych zostały nazwane mikrogravimetrią (Z. Fajkiewicz).

Wykrywanie pustek w utworach karbonu

W latach 1967/68 wykonane zostały pomiary grawimetryczne na obszarze projektowanej budowy przemysłowej na Górnym Śląsku. Celem ich było wykrycie pustek w utworach karbońskich pochodzących od starych wyrobisk górniczych lub naturalnych kawern. Występowanie wspomnianych pustek w strefie do głębokości 20 m stwarzało poważne niebezpieczeństwo dla posadowienia projektowanych budynków i zakładów. Na podstawie wcześniejszej analizy wykorzystując dane wiertnicze ustalono, że pustki zaznaczają się w powierzchniowym obrazie grawimetrycznym anomaliami — 0,05 do — 0,20 mgł. Dla wykonania postawionego zadania zastosowano specjalnie dokładny system pomiarów i obliczania anomalii. Punkty pomiarowe rozmieszczone zostały co 5 m wzdłuż profilów odległych od siebie również co 5 m; wykonano je kanadyjskim grawimetrem firmy Sharpe. Stwierdzono, że średni błąd pomiarów jest mniejszy od $\pm 0,02$ mgł.

Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci mapy anomalii resztkowych. Mapa ta obrazuje zróżnicowanie gęstości w utworach zalegających najbliżej powierzchni ziemi, a więc obejmuje oddziaływanie interesujących pustek. Na jej podstawie zostały wydzielone strefy charakteryzujące się wielkościami

Aparatura	Metodyka i technika badań	Problematyka
	G R A W I M E T R I A mikrogravimetria	szukanie pustek podziemnych
	mikrogravimetria	szukanie małych uskoków
	M A G N E T Y K A	
Magnetometr protonowy	mikromagnetyka	lokalizowanie spękań i szczelin w utworach czynnych magnetycznie
Magnetometr protonowy	mikromagnetyka	szukanie skupisk minerałów w piaskach plażowych
	G E O E L E K T R Y K A	
Aparatura do polaryzacji wzbudzonej	polaryzacja wzbudzana	lokalizacja złóż polimetalicznych
Przystawka do układu dyferencyjnego	metoda odejmowania pól elektrycznych (sondowania dyferencyjne)	wydzielanie warstw o niewielkiej miąższości lub mało kontrastowych pod względem oporności w stosunku do otoczenia
	badania elektrooporowe na wodach śródlądowych	badania szczelności dna zbiorników wodnych
	zastosowanie maszyn matematycznych (ETO) do obliczeń krzywych pionowych sondowań elektrycznych	
	S E J S M I K A sejsmika inżynierska (zastosowanie fal sejsmicznych podłużnych i poprzecznych o częstotliwości 70—250 Hz wzbudzanych bez użycia materiałów wybuchowych)	rozpoznanie warunków geologicznych obiektów hydroenergetycznych

mniejszymi od $-0,05$ mg/l. Zależnie od wielkości anomalii zaznaczono je szrafurą o różnym zaciemnieniu i powiązano z pustkami (ryc. 1). Według wcześniejszej analizy im mniejsza jest wartość anomalii (większe zaciemnienie) tym większe jest prawdopodobieństwo występowania pustki lub większe jej rozmiary. Dla ostatecznego wyjaśnienia budowy terenu niezbędne jest jednak przeprowadzenie kontroli otworami wiertniczymi.

Badanie tektoniki karbonu

W 1968 r. przeprowadzone zostały pomiary grawimetryczne wzdłuż linii profilowych biegnących równolegle w odległości 200 m od siebie nad projektowanym przekopem między szybami kopalni węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Badania te zostały wykonane w kompleksie z sondowaniami elektrooporowymi. Celem badań geofizycznych było wykrycie ewentualnych zaburzeń tektonicznych i przesłedzenie stropu karbonu. Utwory karbońskie w omawianym rejonie zalegają pod 25—50 m nadkładem piaszczysto-gliniastym i poprzecinane są szeregiem dyslokacji, które na ogół nie zaznaczają się w morfologii karbonu. Pomiary grawimetryczne wzdłuż profili zostały wykonane w punktach odległych od siebie o 20 m. Metodyka prac zbliżona do już omówionej zabezpieczała wysoką dokładność określenia „g” równą $\pm 0,02$ mg/l.

W wyniku interpretacji określono wielkości gradientu pionowego i poziomego oraz drugich pochodnych. Przy wykorzystaniu wyników geoelektrycznych wyeliminowano wpływ nadkładu utworów karbonu. Analiza przedstawionych materiałów umożliwiła wydzielenie szeregu dyslokacji związanych z utworami karbonu.

Mikromagnetyka

Opracowanie i skonstruowanie przez Zakład Geofizyki PAN tranzystorowego magnetometru protonowego TNP* przyczyniło się do rozwoju w kraju nowej gałęzi magnetyki, tzw. mikromagnetyki. Magne-

* Magnetometr TNP jest przyrządem przeznaczonym do pomiarów terenowych całkowitego natężenia pola magnetycznego w geofizyce poszukiwawczej. Zasada działania przyrządu oparta jest na zjawisku swobodnej precesji protonów w polu magnetycznym.

tometr protonowy dzięki swojej wysokiej czułości i prostocie obsługi zapewnia około 20-krotny wzrost dokładności w stosunku do wag magnetycznych oraz blisko 20 do 30-krotną wydajność przy zastosowaniu go do pomiarów szczegółowych. Te dwa elementy powodują, że ma on szerokie zastosowanie w kartografii geologicznej szczególnie na odcinku badania skał osadowych oraz wszelkich rud i skał wywołujących słabe pole magnetyczne; pozwala on wykrywać anomalie rzędu kilku gamma. Jednocześnie umożliwia on praktyczne stosowanie, na szerokiej skali, odmian metodycznych: określenia anomalii na różnych poziomach oraz obserwacji w kwadratach o bokach 10—50 m i siatce 1 m (metoda „pólek”). Pierwsza odmiana zwiększa możliwości interpretacyjnych anomalii ΔT szczególnie dla małych głębokości, druga natomiast umożliwia sporządzenie szczegółowych map anomalii ΔT , a następnie tzw. róży magnetycznej, którą można porównywać z różą spękań lub kierunkami sedimentacji skał luźnych.

Poprawność niniejszego kierunku badań wykazały studia teoretyczne i praktyczne w różnych warunkach geologicznych przeprowadzone pod kierunkiem S. Małoszewskiego. Możliwość przyjęcia praktycznie tego kierunku w badaniach geofizycznych została udokumentowana niżej omówionymi przykładami.

Lokalizowanie spękań i szczelin w piaskowcach

W 1967 r. zostały przeprowadzone badania magnetyczne w kompleksie z innymi metodami geofizycznymi w rejonie projektowanej zapory wodnej na Górnym Śląsku. Prace te miały na celu zlokalizowanie spękań i szczelin w utworach piaskowcowych przewarstwionych łupkami ilastymi. Wspomniane utwory zalegają pod powierzchnią ziemi lub w niektórych partiach przykryte są skałami zwietrzalymi i aluwiami.

Metodyka badań polowych została oparta na pomiarach profilowych, tworzących sieć kwadratów (metoda „pólek”). Stanowiska pomiarowe zostały rozmieszczone co 1 m, pomiary wykonywane przy użyciu magnetometru protonowego zapewniały dokładność $\pm 1\gamma$. Na podstawie uzyskanych wyników zostały sporządzone mapy anomalii wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego. Przeprowadzono analizę rozkładu przestrzennego kierunków izolacji oraz osi anomalii za pomocą róży magnetycznej,

Poszukiwanie minerałów ciężkich w piaskach plażowych

Badania magnetyczne zostały zastosowane w 1968 roku do poszukiwania skupisk minerałów ciężkich w piaskach plażowych w niektórych rejonach polskiego wybrzeża. W znanych dotychczas skupiskach tych minerałów stwierdzono sprzyjające warunki dla zastosowania metody magnetycznej dzięki występowaniu w nich minerałów czynnych magnetycznie. Ze względu na rozmiary tych złóż: szerokość paru metrów i miąższości kilku centymetrów przy znacznej ich długości zastosowano szczegółowe pomiary całkowitego wektora natężenia pola magnetycznego wzdłuż profilów rozmieszczonych prostopadle do rozciągłości skupisk przy zagęszczeniu stanowisk pomiarowych co 1–5 m. Pomiary wykonano magnetometrem protonowym, przy czym anomalie stwierdzone nad badanymi złożami dochodzą do 40γ. Obok pomiarów na plaży przewiduje się wykonywanie tego rodzaju badań w strefie przybrzeżnej. Wyniki dotychczasowych pomiarów obrazuje ryc. 3.

Geoelektryka

Rozwój badań geoelektrycznych dla rozwiązywania omawianych problemów w zasadzie następuje w 2 kierunkach. Z jednej strony obserwuje się wprowadzenie metod opartych na nowych konstrukcjach aparatów zapewniających dużą precyzję pomiarów i wyposażonych w silne źródła zasilania, z drugiej wprowadza się do rozwiązywania nowych problemów geologicznych metody znane, udoskonalając tylko samą technikę pomiaru.

Polaryzacja wzbudzona

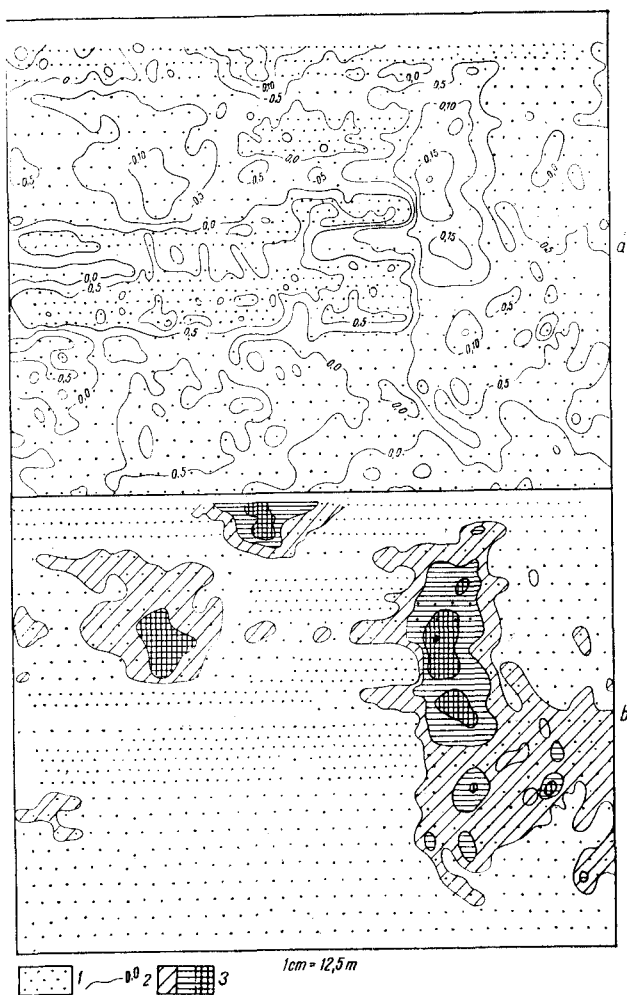
W 1968 r. rozpoczęte zostały prace dla wyjaśnienia przydatności metody polaryzacji wzbudzonej do poszukiwania złóż metali w różnych warunkach geologicznych. Metoda ta pozwala na bezpośrednie poszukiwanie złóż i względną ocenę wielkości mineralizacji. Pierwszy etap prac został wykonany w Górach Świetokrzyskich w strefach spodziewanych koncentracji związków miedzi, ołowiu i cynku, występujących na głębokości do 150 m w postaci mineralizacji rozproszonej, żyłowej i impregnacyjnej. Dalsze badania — w 1969 r. — wykonywane są przy rozpoznawaniu złóż cynkowo-ołowiowych na Górnym Śląsku oraz poszukiwaniu złóż polimetalicznych w Sudetach. Bezpośrednim celem badań (1968, 1969 r.) jest stwierdzenie anomalii w wartości współczynnika polaryzacji η_k w strefach koncentracji złóż metali.

Pomiary polowe wykonywane są aparaturą radziecką WPO-62 z adaptowanym do niej generatorem prądowtórzym RGG-62. Dzięki temu połączeniu uzyskano znacznie większą moc prądu polaryzującego w porównaniu ze standardową aparaturą. W tym samym zwiększono zasięg głębokości metody (100—200 m). Metodyka badań oparta jest głównie na profilowaniu wykonywanym w różnych układach przy kroku pomiarowym 5—20 m. Pomiary profilowe uzupełniane są sondowaniem, w których rozstawy AB_{max} przekraczają rozstawy AB przy profilowaniu. Profile na ogół przecinają prostopadle spodziewane strefy koncentracji złóż, a długość ich dochodzi do kilkuset metrów.

Uzyskane dotychczas doświadczenia wykazały poprawność stosowanej metodyki i techniki badań. Wyniki prac przedstawione w postaci wykresów współczynnika polaryzacji η_k wykazują maksymalne różnice od kilku do kilkunastu procent. Mała ilość wykonanych dotychczas badań oraz brak stwierdzonych złóż o charakterze przemysłowym nie pozwala jednak na ocenę metody pod względem przydatności dla okonturowania i wyznaczenia mineralizacji.

Sondowanie dyferencyjne

Od 1967 r. badania elektrooporowe uzupełnione zostały nową metodyką wykonywania pomiarów,



Ryc. 1. Wyniki pomiarów mikrogravimetrycznych w obszarze występowania pustek skalnych (wg W. Dudy).

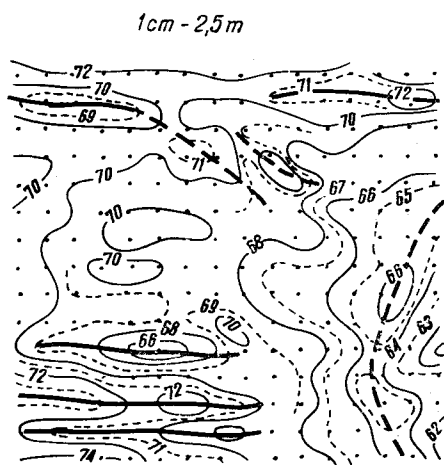
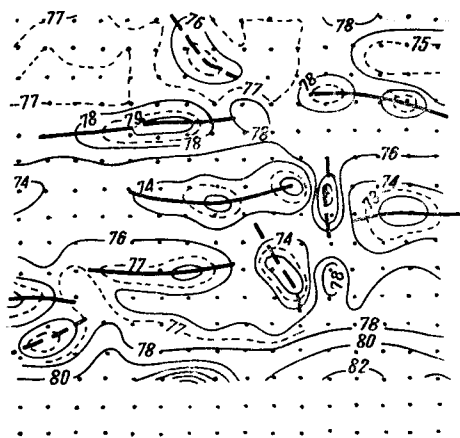
a — mapa anomalii resztkowych, b — mapa lokalizacji stref spodziewanych pustek. 1 — punkty pomiarowe, 2 — izolinie anomalii grawimetrycznych w mg1, 3 — przypuszczalne strefy występowania pustek.

Fig. 1. Results of microgravimetric measurements in the occurrence area of rock cavities (according to W. Duda).

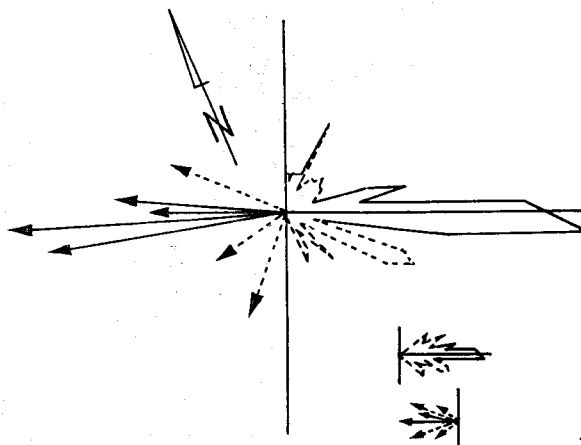
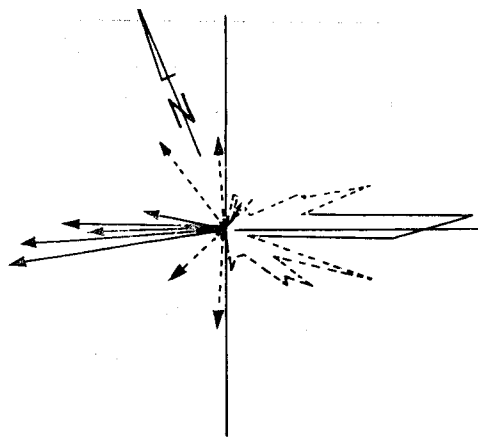
a — map of residual anomalies, b — location map of zones of cavities expected. 1 — measuring points, 2 — contour lines of gravimetric anomalies in mg1, 3 — probable zones of cavities.

w nawiązaniu do dominujących kierunków znanych elementów budowy geologicznej oraz wyników innych metod geofizycznych.

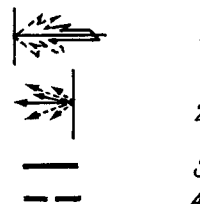
Porównania te wykazały, że generalny kierunek anomalii zaznaczający się najwyraźniej na poszczególnych kwadratach pokrywa się z ogólnym kierunkiem namagnesowania skał, natomiast inne kierunki anomalii i izoliny również mniej lub bardziej regularne należy wiązać ze strefami spękań, zmian litologicznych itp. Wspomniane dodatkowe kierunki obrazują zatem zmiany w podłożu skalnym. Przedstawiony wniosek końcowy nie został jednak dotychczas sprawdzony i potwierdzony szurfami lub innymi robotami geologicznymi. Na ryc. 2 przedstawiono przykład rozkładu anomalii magnetycznych otrzymany na omawianym obszarze.



a



b



Ryc. 2. Wyniki pomiarów mikromagnetycznych przy badaniu podłoża zapory wodnej (wg E. Cieśli).

a — wybrane kwadraty mikroanomalii (wartości izolinii wektora ΔT opisane w gamma), b — różne rozciągłości kierunków izolinii ΔT oraz osi anomalii ΔT . 1 — róża rozciągłości kierunków izolinii ΔT , 2 — kierunki rozciągłości osi anomalii ΔT , 3 — kierunek anomalii prawdopodobnie związany z ogólnym kierunkiem namagnesowania ciał, 4 — kierunek prawdopodobnie związany ze strefami skał rozluźnionych, szczelinowatością, zmianami litologii.

Fig. 2. Results of micromagnetic measurements of soil under a dam (according to E. Cieśla).

a — selected squares of microanomalies (values of isolines of vector ΔT given in gamma), b — extension roses of directions of ΔT isolines and of axes of ΔT anomalies. 1 — extension rose of directions of ΔT isolines, 2 — extension rose of directions of axes of ΔT anomalies, probably related to the general direction of magnetization of bodies, 4 — direction probably prelated to the zones of loose rocks, jointing, and lithological changes.

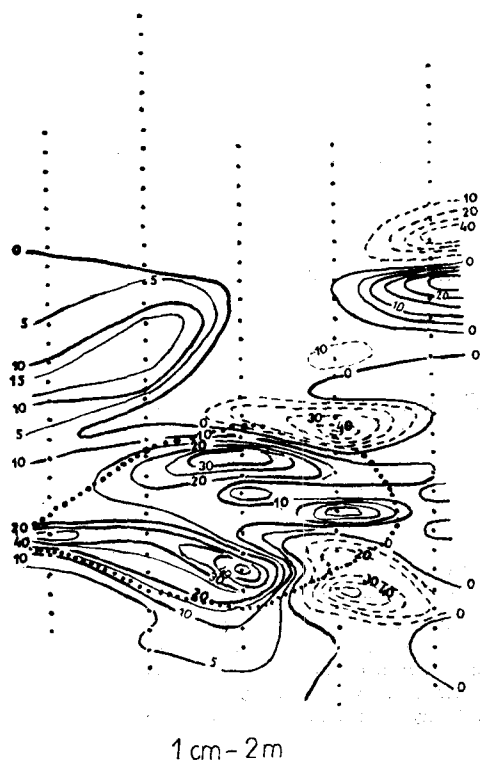
tw. sondowaniami dyferencyjnymi (metoda odejmowania pól elektrycznych). W 1968 i 1969 r. z powodzeniem stosowano sondowania dyferencyjne przy dokumentowaniu ujęć wody pitnej, gdzie zachodzi konieczność wydzielenia warstw piaszczystych o niewielkiej miąższości lub mało kontrastujących opornością z otoczeniem oraz przy poszukiwaniu złóż kaolinów na Dolnym Śląsku. Metoda ta odznaczająca się doskonałymi możliwościami wydzielenia warstw fizycznych wykorzystana została głównie w badaniach płytko zalegających utworów geologicznych. Na krzywych otrzymanych metodą odejmowania pól elektrycznych zaznacza się szereg horyzontów (granic), które nie mają swego odbicia na krzywych pionowych sondowań elektrycznych (PSE) — ryc. 4. Wykorzystanie tych informacji zapewnia bardziej precyzyjne interpretowanie wyników metody elektrooporowej.

Zadania metody dyferencyjnej sprowadza się do wywołania w badanym ośrodku dwóch pól elektrycznych za pomocą dwóch układów elektrod zasilają-

cych, w których prąd płynie w przeciwnych kierunkach. W wyniku pomiaru otrzymuje się pewną wielkość zwaną opornością elektryczną transformowaną. Dla określenia wspomnianej wielkości niezbędne jest uzupełnienie podstawowego wyposażenia grup elektrooporowych przystawką, składającą się ze stabilizatora prądu. Metodyka prac pomiarowych pozostaje bez większych zmian z wyjątkiem dodatkowej pary elektrod prądowych AB. Metoda odejmowania pól znalazła także zastosowanie do przeliczania na ten układ krzywych PSE pomierzonych w układzie Schlumbergera.

Badania dna zbiornika wodnego

W 1967 r. wykonane zostały badania elektrooporowe na Jeziorze Pałnowskim. Celem ich było określenie szczelności dna zbiornika wodnego przez wydzielenie obszarów występowania namulów oraz piasków; w przypadku namulów zadaniem było określenie także miąższości. Profil geologiczny dna



Ryc. 3. Mapa anomalii magnetycznych na obszarze skupiska minerałów ciężkich w piaskach plażowych — wartości izolinii wektora T opisane w gamma (wg S. Tatucia).

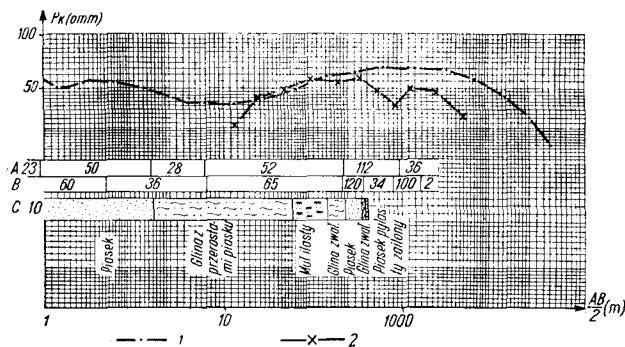
1 — granica zasięgu skupiska minerałów ciężkich, 2 — izolinie anomalii dodatnich, 3 — izolinie anomalii ujemnych.

Fig. 3. Map of magnetic anomalies in an area of heavy mineral concentration in beach sands; values of isolines of vector ΔT given in gamma (according to S. Tatuc).

1 — extent boundary of heavy mineral concentration, 2 — isolines of positive anomalies, 3 — isolines of negative anomalies.

jeziora obejmował margle kredowe, piaski trzeciorzędowe z wkładkami ilów oraz czwartorzędowe utwory piaszczysto-gliniaste. W badaniach tych nowym zagadnieniem jest rozwiązanie technicznej strony pomiarów na wodzie i dzięki temu możliwość podjęcia interesującej tematyki z dziedziny inżyniersko-budowlanej.

Pomiary wykonano typowym sprzętem dla prac elektrooporowych, metodą PSE w układzie Schlumbergera, przy maksymalnych odległościach AB dochodzących do 250 m. W technice pomiaru zabezpieczono specjalne rozmieszczenie elektrod na powierzchni wody wykorzystując do tego celu odpowiednie pływaki. Interpretacja wyników pomiarów przeprowadzona została według zasad wykorzystania krzywych PSE przy założeniu, że pierwszą warstwę stanowi woda. Miąższość tej warstwy określono każdorazowo na podstawie pomiarów głębokości. Postępowanie takie jest niezbędne w przypadku występowania namulów w dnie jeziora ponieważ oporności obu wymienionych ośrodków praktycznie nie różnią się i tylko dzięki temu można określić miąższość namulów. W wyniku opracowania pomiarów geofizycznych w nawiązaniu do wierceń rozpoznano budowę dna jeziora wydzielając w niej 3 strefy: nieprzepuszczalną (oporności poniżej 30 omm), słaboprzepuszczalną (oporności 30–50 omm) oraz przepuszczalną (oporności powyżej 50 omm). Dla każdej strefy podane zostały miąższości występujących w nich utwo-



Ryc. 4. Porównanie wyników pionowych sondowań elektrycznych i metody odejmowania pól elektrycznych (wg A. Icieka).

1 — krzywa PSE w układzie Schlumbergera, 2 — krzywa w układzie dyferencyjnym. A — rezultat interpretacji krzywej PSE, B — interpretacja krzywej PSE z uwzględnieniem informacji z krzywej dyferencyjnej (wartości oporów podane w omach). C — profil geologiczny otworu.

Fig. 4. Comparison of results from vertical electric loggins and of results obtained by method of subtraction of electrical fields (according to A. Iciek).

1 — PSE curve in Schlumberger system, 2 — curve in differential system. A — result of interpretation of PSE curve, B — interpretation of PSE curve with an information from differential curve (value of resistances given in ohms). C — geological section in bore hole.

row. Wyniki badań przedstawiono na mapie w formie konturów wymienionych stref oraz „słupków” głębokościowych w miejscu poszczególnych sondowań.

Wykorzystanie elektronicznej techniki obliczeniowej (ETO)

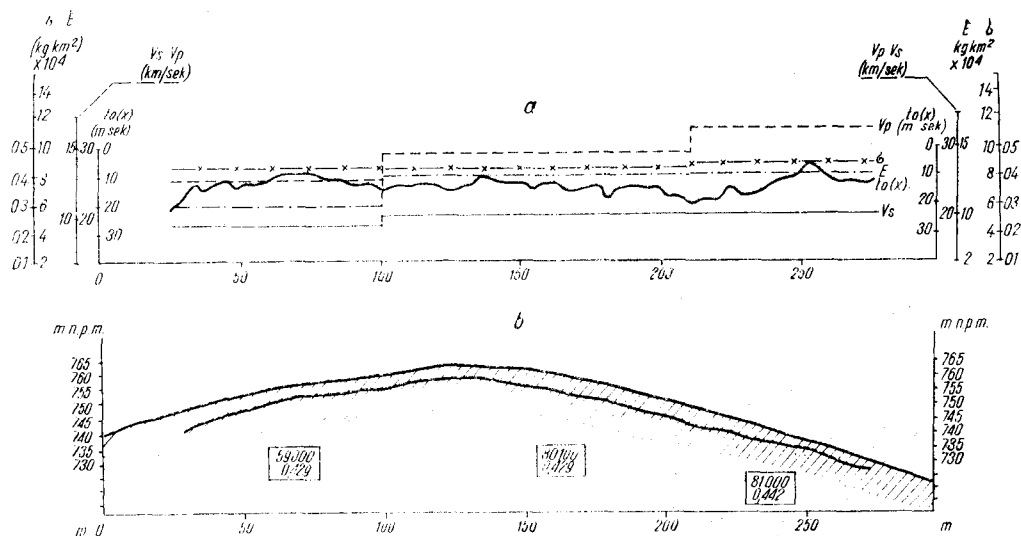
Dla udoskonalenia metodyki interpretacji sondowań elektrycznych wprowadzono w latach 67/68 ETO. Składa się na nią obecnie stosowanie programu do obliczania teoretycznych krzywych wielowarstwowych według parametrów otrzymanych z interpretacji poszczególnych krzywych pomiarowych. Obliczona tak krzywa teoretyczna jest następnie zestawiona z krzywą pomiarową. Zgodność obu krzywych świadczy o poprawności interpretacji. Przedstawione postępowanie jest najczęściej stosowane dla kilku wybranych sondowań danego tematu, których opracowanie jest szczególnie ważne np. krzywe sondowań, według których proponowane są otwory dla ujęć wody pitnej itd.

Dotychczasowe doświadczenie w pełni potwierdza poprawność takiego postępowania. W pracach elektrooporowych wykonanych w latach 67/68 szereg rejonów zostało opracowanych tą metodą, przy czym każdorazowo liczba analizowanych w ten sposób krzywych danego tematu wahała się od paru do kilkunastu.

Sejsmika

W latach 1967/68 w PPG wdrożono sejsmikę „średniczestotliwościową” dla potrzeb budowlano-inżynierskich. Zorganizowana dla tych celów specjalna grupa połowa opanowała metodykę badań umożliwiającą określenie zalegania warstw w pobliżu powierzchni ziemi oraz ich parametrów sprężystości wyznaczonych w warunkach „in situ”.

Wśród zagadnień stawianych przed sejsmiką inżynierską najczęściej powtarzają się problemy: określenie głębokości zalegania warstw związłych, wyznaczenie dynamicznego modułu sprężystości dla podłoża, opracowanie rozkładu przestrzennego parametrów sprężystych podłoża, wyznaczenie stref zmian para-

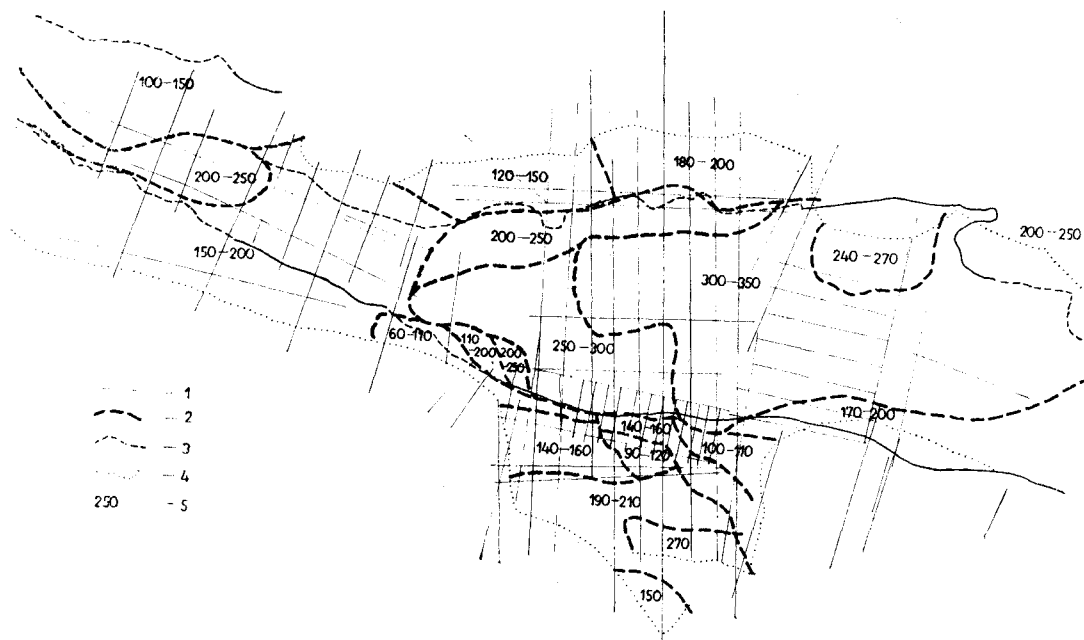


Ryc. 5. Rezultaty pomiarów sejsmicznych przy badaniu podłoża zapory wodnej (wg J. Trojana).

a — wykresy parametrów fizycznych podłoża zapory określonych wg pomiarów sejsmicznych, b — sejsmiczny przekrój głębokościowy, E — moduł Younga, σ — liczba Poissona, V — prędkość fali podłużnej, V_s — prędkość fali poprzecznej, $t_0(x)$ — linia to.

Fig. 5. Results of seismic measurements of soil under a dam (according to J. Trojan).

a — diagrams of physical parameters of dam soil, determined according to the results of seismic measurements. b — seismic depth cross section, E — Young's modulus, σ — Poisson's number, V — velocity of longitudinal wave, V_s — velocity of transversal wave, $t_0(x)$ — line to.



Ryc. 6. Mapa dynamicznych modułów Younga dla podłoża zapory (wg H. Linowskiego).

1 — profile sejsmiczne, 2 — granice wydzielonych stref dynamicznego modułu Younga, 3 — granica występowania skałek wapieni, 4 — granica zasięgu badań sejsmicznych, 5 — wartości dynamicznego modułu Younga w tys. Kg/cm².

Fig. 6. Map of dynamic Young's moduli for dam soil (according to H. Linowski).

1 — seismic profiles, 2 — boundaries of determined zones of dynamic Young's modulus, 3 — boundary of occurrence of limestone klippe, 4 — range of seismic measurements, 5 — values of dynamic Young's modulus in thousands of Kg/cm².

metrów sejsmicznych podłoża. Przedstawione problemy są rozwiązywane na podstawie śledzenia wzdłuż wybranych linii fal podłużnych i poprzecznych dla interesujących poziomów oraz ich nadkładu. Dzięki wykorzystaniu wyrobisk górniczych oraz otworów, obok powierzchniowych prac rozwinięta została metodyka badań oparta na prześwietleniu warstw między wyrobiskami, jak i powierzchniową a wyrobiskami oraz profilowanie wyrobisk. Jednocześnie z opanowaniem zagadnień metodycznych zapewniona została odpowiednia technika prac przez wprowadzenie specjalnego kafaru do wzbudzania drgań oraz przystosowanie aparatury do dokładnego określenia czasu. Badania

sejsmiczne dla przedstawianych wyżej zagadnień wykonywane były dotychczas na obszarach budowy zapór na Górnym Śląsku i w Karpatach.

Otrzymane wyniki badań umożliwiają prześledzenie wzdłuż wykonanych profili charakteru zalegania warstw wraz z ich charakterystyką prędkościową oraz opracowanie map rozkładu parametrów sprężystości. Ostatnie z przedstawionych zagadnień ma specjalnie doniosłe znaczenie, gdyż przez określenie stref zmian parametrów sprężystości pozwala wyznaczyć obszary, gdzie podłożo wymaga specjalnego przygotowania. Na ryc. 5 i 6 przedstawiono przykłady wyników z prac sejsmiki inżynierskiej. Należy za-

znaczyć, że badania sejsmiczne stosowane są w kompleksie z innymi metodami geofizycznymi, np. geoelektryką, co pozwala na bardziej szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej podłoża budowlanego.

WNIOSKI

Zestawione w tym opracowaniu materiały pozwalają na ocenę postępu technicznego w zakresie zastosowania geofizyki do zagadnień geologii inżynierskiej, budownictwa, hydrogeologii oraz poszukiwań i dokumentowania kopalni stałych. Omówienie zagadnień sprzętu, metodyki oraz podejmowanych nowych problemów, wskazuje drogi najbardziej efektywnego rozwiązywania tematów prac naukowo-badawczych. Z przedstawionej tabeli wynika, że duża ilość nowo podjętej tematyki polega na wykorzystaniu posiadanego obecnie sprzętu geofizycznego, przy opracowaniu dla niego odpowiedniej metodyki pomiarów i interpretacji. Ten kierunek postępu technicznego w geofizyce dla wymienionych wyżej dziedzin powinien być w dalszym ciągu eksponowany, gdyż umożliwia dalsze rozszerzenie stosowania geofizyki bez konieczności podejmowania kosztownych prac konstrukcyjnych lub inwestycji. Zagadnienia sprzętowe powinny być ograniczone głównie do adoptowania istniejących aparatów w celu zabezpieczenia szerokiego udziału konstruktorów w realizacji innych tematów najważniejszych obecnie dla naszej gospodarki.

Inną możliwością zwiększenia efektywności badań geofizycznych dla omawianych problemów geologicznych jest szerokie stosowanie kompleksowych badań geofizycznych lub nawet łączenie ich z robotami wiertniczymi. Wśród omówionej dotychczas tematyki można wymienić przykłady łączenia dotychczas stosowanych i nowo opracowanych metod, np. badań elektrooporowych i mikrograwimetrii do śledzenia dyslokacji lub sejsmiki inżynierskiej i mikromagnetyki do badania jednorodności podłoża budowlanego. Wykonywanie pomiarów różnych parametrów fizycznych w warunkach powierzchniowych i otworach, a następnie kompleksowa analiza wyników pod kątem ich wzajemnego uzupełniania się lub pełniejszego scharakteryzowania interesującej strefy nieciągłości na ogół zabezpiecza bardziej jednoznaczne rozwiązanie zadania geologicznego lub podjęcie nowej problematyki. Ważnym elementem przy tym jest łączenie, tak na etapie pomiarów, jak i opracowania badań geofizycznych z robotami wiertniczymi. Prace te ze względu na niski koszt i dużą szybkość wiercenia płytkich otworów mogą być prowadzone równoległe z badaniami geofizycznymi.

Dla bliższego scharakteryzowania postępu technicznego w wyżej przedstawionych dziedzinach można wymienić następujące nowe tematy:

1) geologia inżynierska i budownictwo — badania jednorodności podłoża i określenie dynamicznych współczynników sprężystości przy dokumentowaniu

zapór wodnych (sejsmika inżynierska, mikromagnetyka); badanie dna zbiornika wodnego (metoda elektrooporowa), lokalizowanie stref nieciągłych — pustki, drobne uskoki wśród płytko zalegających utworów karbońskich (mikrograwimetria).

2) hydrogeologia — rozszerzenie stosowania metody elektrooporowej na niektóre rejony, gdzie wyniki były dotychczas niejednoznaczne lub nieinterpretowalne, poprawa jakości wyników badań elektrooporowych (stosowanie układu różnicowego, obliczanie krzywych teoretycznych).

3) kopaliny stałe — lokalizowanie złóż minerałów ciężkich w piaskach (mikromagnetyka); lokalizowanie złóż polimetalicznych do głębokości 150 m (polaryzacja wzbudzona).

Powyższe zestawienie wskazuje na istotny postęp techniczny, który w omawianym okresie został wprowadzony w geofizyce stosowanej dla potrzeb geologii inżynierskiej i budownictwa. Dla zabezpieczenia właściwego poziomu tych zagadnień w PPG należy zapewnić dalsze doskonalenie stosowanych obecnie metod geofizycznych, ze zwróceniem uwagi na następujące zagadnienia:

— lepsze przystosowanie aparatów do badań sejsmicznych,

— opracowanie specjalnych systemów wzbudzania i rejestracji intensywnych fal poprzecznych,

— zastosowanie badań podłoża opartych na ultradźwiękach,

— rozszerzenie zakresu stosowania kompleksowych badań geofizycznych do wykrywania kawern i pustek skalnych.

Zagadnienia hydrogeologii zostały w zasadniczy sposób rozwinięte kilka lat temu dzięki wprowadzeniu ze znakomitymi rezultatami metody elektrooporowej do poszukiwania wody pitnej. W tym ostatnim okresie obserwujemy doskonalenie już stosowanych metod. Nadal jednak w bardzo ograniczonym zakresie są stosowane sposoby umożliwiające badanie ruchu wód podziemnych. Uwzględniając powyższe uwagi w dalszych pracach postępu technicznego należy wprowadzić:

— uzupełnienie zespołów poszukujących wody zestawem wiertniczo-karotazowym, umożliwiającym przemyślową ocenę wyników badań geofizycznych,

— wprowadzenie metodyki badań ruchu wód podziemnych za pomocą pomiarów powierzchniowych i wokółotworowych w oparciu o badanie pól geoelektrycznych, radiometrycznych (z otwartymi źródłami), geotermicznych itp.

Zagadnienia poszukiwania i dokumentowania dotychczas złóż kopalni stałych: surowców chemicznych, budowlanych i rudy, które występują w różnych warunkach geologicznych i na różnych głębokościach. Dotychczasowy postęp techniczny w tym zakresie wydaje się niedostateczny i wymaga szczegółowego rozpatrzenia w programie prac poszukiwawczych Instytutu Geologicznego.

SUMMARY

The article presents more important achievements in application of geophysics in engineering-geology problems, building, hydrogeology, as well as in prospecting and documentations of solid mineral raw materials in Poland. There are presented also the application of microgravimetry and micromagnetics in location of heterogeneity in shallow-buried compact formations, and the application of various types of geoelectrical surveys in solving hydrogeological problems and in ore prospecting, as well as the application of engineering-geological seismics to solve the problems of building substratum.

Emphasizing the problems concerning equipment, methods, and new geological questions, the author points to the ways of the most effective solution of the scientific and research works. The results of reconnaissance of the real state of geophysical surveys allowed the author to present the most important tasks to be solved according to new technical progress.

РЕЗЮМЕ

В статье дается обзор важнейших достижений в области применения геофизики в инженерной геологии, гидрогеологии и для поисков твердых полезных ископаемых в Польше. Рассматривается применение микрогравиметрии и микромагнитной съемки для выявления аномалий в близповерхностных плотных породах, разных вариантов электрических работ при решении гидрогеологических задач и в поисках рудных месторождений, а также сейсмических работ в исследовании основания для строительства.

Отдельно рассматриваются проблемы аппаратуры, методики и решения новых геологических задач, а также указываются пути наиболее эффективного решения научно-исследовательских проблем. На основании анализа современного состояния геофизических исследований определяются важнейшие задачи по техническому усовершенствованию.