

Henryk KURBIEL

## Wybrane zagadnienia badań magnetycznych i grawimetrycznych na przykładzie poszukiwań złóż surowców stałych w Sudetach i NE Polsce

### WSTĘP

Przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż surowców stałych stosowane są obecnie powszechnie badania geofizyczne, przy czym najczęściej stosowanymi metodami geofizycznymi są metody geoelektryczne, metoda magnetyczna i metoda grawimetryczna.

W poprzednim okresie, w którym poszukiwania surowców stałych ograniczały się do partii przypowierzchniowych, nie zawsze sięgano do pomocy metod geofizycznych, nie odczuwano potrzeby ich stosowania. Obecnie, gdy przechodzi się do poszukiwań złóż występujących na znacznie większych głębokościach, do 1000—1500 m, a w północno-wschodniej Polsce, gdzie warunki geotermiczne są bardzo korzystne, do głęb. 2000—2200 m, prace geofizyczne nabierają o wiele większego znaczenia.

Złoża surowców mineralnych stałych bardzo często wyróżniają się od swego otoczenia przewodnością elektryczną, namagnesowaniem lub gęstością i z tego względu przy poszukiwaniu takich złóż wyżej wymienione metody mogą być stosowane z dobrym efektem (H. Kurbiel, S. Wybraniec, 1971). Należy zaznaczyć, że w ostatnim okresie stosowane są coraz częściej kompleksowe badania geofizyczne, ponieważ w wielu przypadkach zdarza się, że poszukiwany surowiec, np. ruda magnetytowa wyróżnia się od otoczenia nie tylko wysokim namagnesowaniem, ale także większą gęstością i większym przewodnictwem elektrycznym. Stosując w takich przypadkach dwie lub trzy metody geofizyczne można uzyskać bardziej wiarygodny wynik dotyczący parametrów poszukiwanego złoża.

W artykule przedstawiono w krótkim zarysie efektywność stosowania badań magnetycznych i grawimetrycznych przy poszukiwaniu złóż surowców stałych i omówiono niektóre ciekawsze wyniki.

Jeżeli złożo różni się znacznie od otoczenia wielkością namagnesowania czy gęstością, wówczas za pomocą metody magnetycznej lub grawimetrycznej można łatwo określić takie jego parametry, jak głębokość

zalegania, kąt zapadania, miąższość, gęstość lub wielkość namagnesowania. Im bardziej kształt złoża zbliżony jest do prostych form geometrycznych i im większa jest różnica w wielkości namagnesowania czy gęstości złoża i skał otaczających, tym dokładniej można określić położenie przestrzenne złoża.

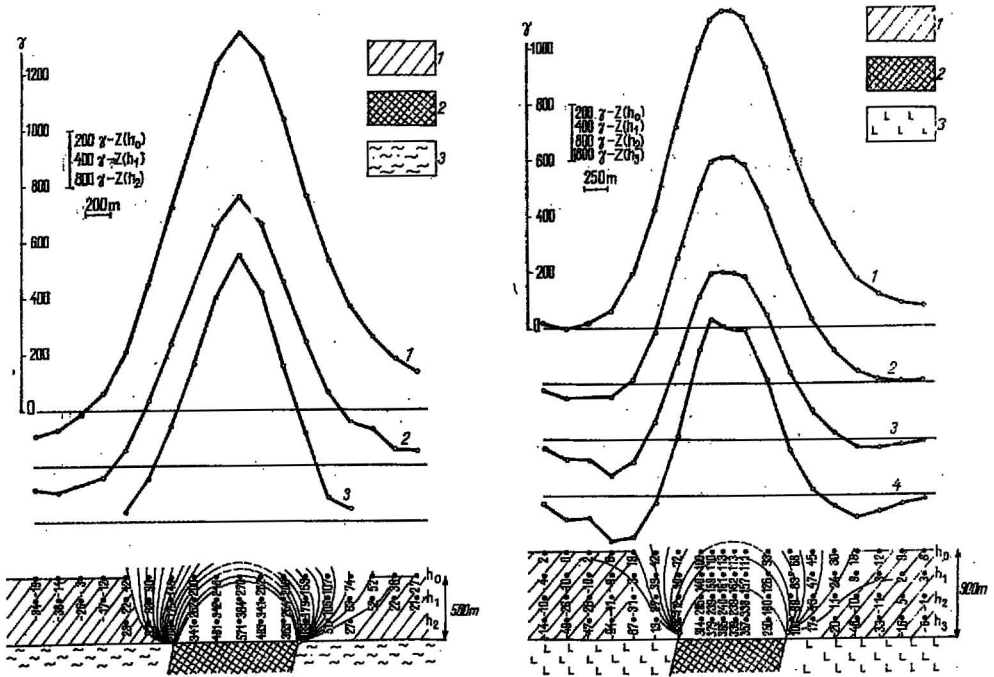


Fig. 1. Interpretacja anomalii magnetycznej z NE Polski metodą W. N. Strachowa — przykład 1

Interpretation of a magnetic anomaly in NE Poland by V. N. Strakhov's method — example 1

1 — skały osadowe; 2 — skały o dużym namagnesowaniu; 3 — gnejsy  
1 — sedimentary rocks; 2 — rocks of high magnetization; 3 — gneisses

Fig. 2. Interpretacja anomalii magnetycznej z NE Polski metodą W. N. Strachowa — przykład 2

Interpretation of a magnetic anomaly in NE Poland by V. N. Strakhov's method — example 2

1 — skały osadowe; 2 — skały o dużym namagnesowaniu; 3 — anortozyt  
1 — sedimentary rocks; 2 — rocks of high magnetization; 3 — anorthosite

W przyrodzie nie spotyka się złóż w kształcie idealnie prostych form geometrycznych, a ponadto wzory interpretacyjne opisujące anomalie geofizyczne zawierają kilka niewiadomych. W związku z tym wyniki uzyskane z interpretacji anomalii geofizycznych nie mogą być jednoznaczne, lecz przybliżone.

Z praktyki jednak wiadomo, że w wielu przypadkach można określić

położenie przestrzenne ciała zaburzającego z dość dużą dokładnością. Tak na przykład głębokości zalegania ciał zaburzających określone z interpretacji anomalii magnetycznych i grawimetrycznych północno-wschodniej Polski w wielu przypadkach okazały się w porównaniu z wynikami wykonanych później wierceń bardzo bliskie rzeczywistych wartości. Dla ilustracji przedstawiono (fig. 1 i 2) dwa przykłady wyników interpretacji anomalii magnetycznej z NE Polski.

Z pierwszego przykładu interpretacji anomalii magnetycznej wynika, że głębokość do stropu ciała zaburzającego wynosi 560 m. W otworze zlokalizowanym na tej anomalii nawiercono skały magnetycznie czynne na głęb. 552,6 m. W przypadku drugiego przykładu głębokość do stropu ciała zaburzającego wynosiła 900 m, a skały magnetycznie czynne nawiercono na głęb. 860 m.

### ZAKRES BADAŃ MAGNETYCZNYCH I GRAWIMETRYCZNYCH PRZY POSZUKIWANIU ŻŁÓŻ SUROWCÓW STAŁYCH

Rozwój badań magnetycznych i grawimetrycznych w Polsce i wykorzystanie wyników tych badań do poszukiwań złóż surowców stałych można podzielić na trzy etapy.

Pierwszy etap obejmował regionalne badania magnetyczne i grawimetryczne prowadzone w ramach kartowania geofizycznego całego terenu Polski. Wyniki regionalnych zdjęć przedstawione w postaci map w różnych skalach (opracowane przez: A. Dąbrowskiego, K. Karaczuna, Z. Kaczkowską i J. Orlikowską) posłużyły geologom i geofizykom do pierwszej oceny i wytypowania obszarów perspektywicznych pod względem możliwości występowania złóż użytecznych. Szczególne znaczenie miało wytypowanie rejonu północno-wschodniej Polski gdzie za perspektywiczne uznano twory podłoża krystalicznego platformy prekambryjskiej, występujące pod znacznym nakładem skał osadowych o miąższości 350 do 1000 m i wyższej (m. in. J. Znosko, 1959; J. Skorupa 1959, 1961, 1963).

Zarejestrowanie na Niżu Polskim przy pomocy zdjęć regionalnych ujemnych anomalii grawimetrycznych, charakterystycznych dla takich form geologicznych, jak zapadliska tektoniczne lub zagłębienia erozyjne, oraz informacje zawarte w opracowaniach licznych geofizyków (m. in. S. Pawłowskiego, A. Dąbrowskiego, A. Kozery, K. Maryniaka, K. Mrozka) przyczyniły się do odkrycia złóż węgla brunatnego: Bełchatów, Czępin, Mosina, Krzywín, Gostyń, Marcinowice, Szamotuły, Złoczew.

Regionalne badania grawimetryczne zaszyfrowały również mezozoiczne struktury cechsztyńskie (analizowane m. in. przez: E. W. Janczewskiego, S. Pawłowskiego, J. Skorupe, T. Olczaka, A. Dąbrowskiego, Z. Fajklewicza). W efekcie odkryte zostały wysady solne Kłodawy, Izbicy, Lubienia—Łanięt, Rogoźna, Mogilna.

Wyniki badań geofizycznych, szczególnie grawimetrycznych, na obszarze zapadliska przedkarpackiego oraz analiza tych badań wykonana przez S. Pawłowskiego przyczyniły się do odkrycia i rozpoznania na tym obszarze trzeciorzędowych złóż siarki.

W drugim etapie badań grawimetrycznych i magnetycznych wykonywane są badania półszczegółowe, których celem jest dokładniejsze określenie wielkości i amplitudy poszczególnych anomalii zarejestrowanych zdjęciami regionalnymi. Na podstawie wyników badań półszczegółowych określone są przebiegi struktur geologicznych, stref tektonicznych, uskoków i konturów skał różniących się własnościami fizycznymi. Badania drugiego etapu z zakresu grawimetrii prowadzi się na znacznej części Polski, przy czym skoncentrowano je głównie na obszarach perspektywicznych pod względem bituminów. Badania takie wykonane zostały również w północno-wschodniej Polsce, na bloku przedsudeckim, na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i na obszarze Gór Świętokrzyskich, z tym że na bloku przedsudeckim i w północno-wschodniej Polsce prowadzone były w ramach kompleksowych badań grawimetryczno-magnetycznych.

Wyniki półszczegółowych badań wykorzystywane są przy projektowaniu prac geologicznych — wierceń kartujących, a niekiedy i poszukiwawczych oraz przy sporządzaniu map geologicznych, jak np. opracowana ostatnio mapa geologiczna podłoża krystalicznego platformy prekambryjskiej północno-wschodniej Polski.

Trzeci etap badań grawimetrycznych i magnetycznych — to badania szczegółowe. Ich wyniki umożliwiają określenie przestrzennego położenia poszukiwanych skał wywołujących anomalie lokalne. Takie badania wykonywane są przede wszystkim na obszarach zarejestrowanych anomalii, na których projektowane są prace geologiczno-poszukiwawcze.

Wyniki interpretacji anomalii uzyskanych ze szczegółowych badań są wykorzystywane do określenia dokładnej lokalizacji otworów wiertniczych i ustalania ich głębokości.

Szczegółowe badania magnetyczne i grawimetryczne z pominięciem poprzednich dwóch etapów badań (badań regionalnych i badań półszczegółowych) prowadzone były przede wszystkim na terenie Sudetów i Gór Świętokrzyskich, w pobliżu starych wyrobisk górniczych i w przypadkach, gdzie były częściowo znane z wychodni lub z odkrywek skały perspektywiczne pod względem możliwości występowania złóż użytecznych. Takie badania prowadzono w Sudetach przy poszukiwaniu złóż rud żelaza, złóż barytów, przy śledzeniu żył kwarcowych i ostatnio złóż chromitów.

Dla zilustrowania przydatności szczegółowych badań magnetycznych i grawimetrycznych w tego rodzaju poszukiwaniach złóż surowców mineralnych stałych przedstawiono krótko wyniki niektórych szczegółowych badań.

#### BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETYCZNE PRZY POSZUKIWANIU ZŁÓŻ CHROMITÓW

Badania grawimetryczne i magnetyczne wykonano w rejonie Sobótki na Dolnym Śląsku, na niewielkiej powierzchni masywu ultrazasadowego, w przeobrażonej górnej partii dunitów i perydotytów w serpentynitach. Spodziewano się tu soczewek ciał chromitowych o niewielkich rozmiarach, ażeby ich nie pominąć zastosowano więc bardzo gęstą siatkę punktów pomiarowych ( $5 \times 20$  m).

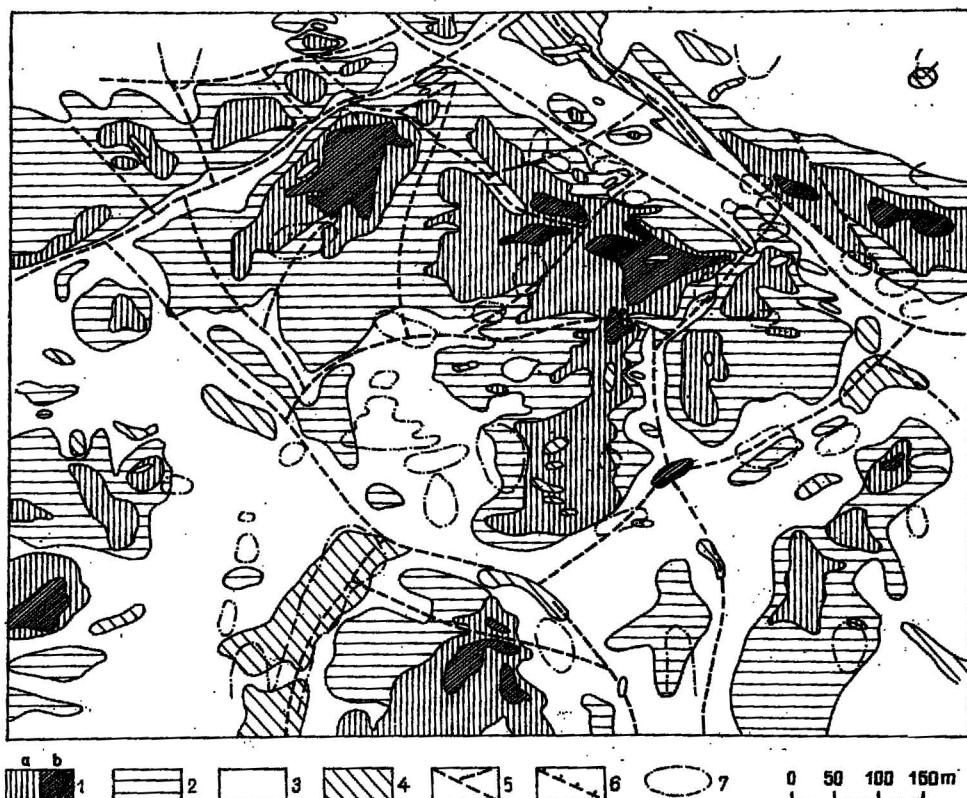


Fig. 3. Wydzielone obszary anomalne w rejonie Sobótki

Distinguished anomalous areas in the Sobótka region

1 — serpentynyty o dużym (a) i bardzo dużym namagnesowaniu (b); 2 — serpentynyty o średnim namagnesowaniu; 3 — serpentynyty, gabra, apłity i inne skały o małym namagnesowaniu; 4 — serpentynyty i inne skały o odwrotnym kierunku namagnesowania; 5 — osie obniżonych wartości pola magnetycznego, które mogą odzwierciedlać strefy tektoniczne; 6 — przypuszczalne strefy dyslokacyjne; 7 — obszary lokalnych anomalii grawimetrycznych

1 — serpentinites of high (a) and very high magnetization (b); 2 — serpentinites of medium magnetization; 3 — serpentinites, gabbros, aplites and other rocks of low magnetization; 4 — serpentinites and other rocks of inverted magnetization; 5 — axes of low values of the magnetic field, possibly reflecting tectonic zones; 6 — assumed fault zones; 7 — areas of local gravity anomalies

Podstawową metodyką w tym przypadku była metoda grawimetryczna, którą można bezpośrednio wykrywać soczewki ciał chromitowych, jeżeli występują one blisko powierzchni ziemi. Ciężar objętościowy chromitów, wyznaczony z próbek pobranych z tego terenu według R. Blusa = 3,25 do 4,1 g/cm<sup>3</sup>, natomiast serpentynitów — 2,2 do 2,9 g/cm<sup>3</sup>, a więc tego typu złoża mogą być śledzone i zarejestrowane w postaci lokalnych anomalii grawimetrycznych rzędu kilku dziesiątych mGal. W omawianym przypadku wystąpiły duże trudności z wydzieleniem takich lokalnych anomalii z obrazu uzyskanego z pomiarów, ponieważ badany teren jest bardzo zróżnicowany morfologicznie i trzeba było wprowadzić dość trudne do określenia poprawki topograficzne. Po ich uwzględnieniu

H. Okulus wydzielił szereg lokalnych anomalii grawimetrycznych. Ponieważ lokalne anomalie mogą pochodzić nie tylko od ciał chromitowych (mogą być wywołane innymi przyczynami, np. zróżnicowaniem gęstościowym skał ultrazasadowych w różnym stopniu przeobrażonych w procesie wietrzenia chemicznego czy mechanicznego), przy projektowaniu poszukiwawczych otworów wiertniczych wzięto więc pod uwagę również wyniki wykonanych tu badań magnetycznych. Wprawdzie na ich podstawie nie można bezpośrednio śledzić złóż chromitów, gdyż utwory serpentynitowe wykazują bardzo duże namagnesowanie, ale można uzyskać pośrednie wskazówki gdzie należy spodziewać się chromitów. Jak wiadomo, strefy tektoniczne i żyły aplitowe, które mogą być wyznaczone przy pomocy metody magnetycznej, wiążą się często z występowaniem ciał chromitowych.

Wykorzystując wyniki badań magnetycznych J. Fedak i H. Kurbiel sporządzili mapę z uwzględnieniem granic obszarów o różnej podatności magnetycznej, a to z kolei pozwoliło na wykreślenie osi obniżonych wartości anomalii magnetycznych, które mogą odzwierciedlać strefy tektoniczne i żyły aplitowe (fig. 3). Wyniki te uwzględniono przy ustalaniu lokalizacji otworów wiertniczych. Jeśli któryś z otworów wiertniczych zlokalizowany na jednej z tych linii okaże się pozytywny, strefy wyznaczone przy pomocy badań magnetycznych będą wskazówką dla dalszych badań geologicznych.

#### WYNIKI BADAŃ MAGNETYCZNYCH I GRAWIMETRYCZNYCH Z REJONU INTRUZYWU SUWALSKIEGO

Najwięcej badań magnetycznych i grawimetrycznych przy poszukiwaniu złóż surowców stałych prowadzono w północno-wschodniej Polsce. Stosowanie w tej części Polski metody magnetycznej i grawimetrycznej jest w pełni uzasadnione, ponieważ skały podłoża krystalicznego północno-wschodniej Polski wykazują wyraźne różnicowanie pod względem własności magnetycznych i gęstościowych.

Prowadzone tu były badania zaliczane do trzech etapów, tj. badania regionalne, badania półszczełowe i badania szczełowe.

Wyniki zdjęć geofizycznych pierwszego etapu były tematem licznych opracowań naukowych. (A. Dąbrowski, K. Karaczun, 1956; J. Skorupa, 1959, 1961, 1963; S. Małaszewski, 1964). Wśród autorów wymienić należy przede wszystkim J. Skorupę, głównego opiekuna i kierownika prac geofizycznych, który w swoich opracowaniach wytypował obszary perspektywiczne, ukierunkowując przez to dalsze prace geofizyczne.

Materiały regionalnych zdjęć magnetycznych i grawimetrycznych północno-wschodniej Polski miały w tym czasie nieocenioną wartość i ogromne znaczenie praktyczne. Uzyskano bowiem pierwsze wstępne informacje o wglębnej budowie tego regionu i ujawniono dużą ilość lokalnych dodatnich anomalii magnetycznych, pokrywających się częściowo z dodatnimi anomaliami grawimetrycznymi (m. in. na obszarze intruzywu suwalskiego), co spowodowało iż obszar północno-wschodniej Polski stał się obiektem szczególnego zainteresowania geologów i geofi-



Fig. 4. Wydzielone obszary anomalne na Suwalszczyźnie na tle izodynam  $\frac{\delta^2 z}{\delta z^2}$  określonych metodą M. K. Paula

Anomalous areas distinguished on the basis of  $\frac{\delta^2 z}{\delta z^2}$  isodynamic lines (defined by M. K. Paulo's method) in the Suwałki region

I—VIII — anomalie lokalne wydzielone na podstawie wyników badań magnetycznych

I—VIII — local anomalies distinguished on the basis of magnetic results

zyków (A. Dąbrowski, J. Skorupa, 1972; S. Kubicki, W. Ryka, J. Znosko, 1972).

W 1957 r. odwiercono w omawianym rejonie pierwszy otwór Szlino-kemie-Suwałki IG-1, zaprojektowany przez J. Znoskę, zlokalizowany w obrębie lokalnej ujemnej anomalii magnetycznej i grawimetrycznej, ujawnionej dzięki zdjęciom regionalnym. W otworze tym, po przebicciu około 800 m utworów osadowych, nawiercono skały zasadowe — anortozyty. Stwierdzenie anortozytów w obrębie ujemnej anomalii magnetycznej na Suwalszczyźnie miało duże znaczenie dla prowadzenia dalszych poszukiwań, ponieważ z tego typu skałami zasadowymi wiąże się okruszcowanie ilmenitowo-magnetytowe.

W 1962 r. w otworze zlokalizowanym na dodatniej lokalnej anomalii magnetycznej (fig. 4, obszar III) nawiercono skały zasadowe (noryty i anortozyty) zawierające pakiety rudy ilmenitowo-magnetytowej.

Odkrycie złoża ilmenitowo-magnetytowego Krzemianka było owocem współpracy geologów i geofizyków. Geologiczna koncepcja poszukiwawcza oparta była na wynikach interpretacji regionalnych i półszczegółowych zdjęć magnetyczno-grawimetrycznych. Poszukiwania dotyczyły złóż znajdujących się na dużej głębokości i były pionierskie nie tylko w Polsce, ale także w skali światowej.

Po odkryciu złoża Krzemianka nastąpiła dalsza intensyfikacja badań geofizycznych tego rejonu. Wykonano wówczas szczegółowe badania magnetyczne i półszczegółowe badania grawimetryczne na Suwalszczyź-

nie obejmujące obszary I—VIII (fig. 4). Badania te wykonano dla uzyskania dodatkowych informacji w celu racjonalnej lokalizacji rozpoznawczych otworów wiertniczych i wyjaśnienia perspektywy surowcowych.

W ramach reinterpretacji (1966 r.) wyników badań geofizycznych wykonanych na Suwalszczyźnie przeprowadzono analizę wyników szczegółowego zdjęcia magnetycznego anomalii tego obszaru (H. Kurbiel, 1970; H. Kurbiel, S. Wybraniec, 1971). W analizie tej główny nacisk położono na wydzielenie lokalnych obiektów anomalnych, które mogą być związane z koncentracjami rudy ilmenitowo-magnetytowej. Wydzielono szereg obszarów anomalnych, z których najbardziej perspektywiczny ze względu na wyniki badań magnetycznych wydaje się obszar anomalii I o najwyższych wartościach  $\Delta Z$  i znacznej powierzchni, następnie północno-wschodni obszar anomalny II, południowo-zachodni obszar anomalny III oraz obszar anomalny IV (fig. 4). Drugoplanowymi wydają się być obszary anomalne oznaczone numerami V, VI, VII, VIII. We wschodniej części anomalii II obserwujemy znacznie większy gradient poziomy anomalii  $\Delta Z$  aniżeli w zachodniej części, co może wskazywać na to, że ogólny kierunek zapadania utworów o dużym namagnesowaniu jest zachodni. Podobny kształt ma anomalia III, a więc i w tym przypadku można przypuszczać, że utwory o wysokim namagnesowaniu zapadają w kierunku zachodnim. Natomiast kształt anomalii IV wskazywałby, że utwory wywołujące tę anomalię zapadają w kierunku południowym. Wnioski te w przypadku anomalii II i III zostały potwierdzone wynikami wykonanych później wierceń.

Anomalia magnetyczna I wyróżnia się wśród anomalii zarejestrowanych w rejonie intruzywu suwalskiego wielkością amplitudy i zajmowanego obszaru. Jej amplituda jest dwa razy większa niż amplituda anomalii II—III. Charakterystyczne dla tej anomalii jest to, że przy interpretacji jakościowej nie rozdziela się na mniejsze lokalne anomalie, jak w przypadku obszaru II—III.

Należy ponadto zaznaczyć, że anomalia magnetyczna I pokrywa się z lokalną anomalią grawimetryczną, przy czym oś anomalii grawimetrycznej przesunięta jest w kierunku północnym w stosunku do osi anomalii magnetycznej. Ponieważ lokalna anomalia grawimetryczna występuje na tym samym obszarze co anomalia magnetyczna, która — jak wiemy — pochodzi od skał podłoża krystalicznego, można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że lokalna anomalia grawimetryczna — wydłużona w tym samym kierunku co anomalia magnetyczna — jest także wywołana utworami prekambryjskimi. Jeżeli tak jest, to z kolei możemy przyjąć, że cała masa wywołująca zarówno anomalię magnetyczną, jak i grawimetryczną zapada w kierunku północnym.

Na podstawie omówionej analizy szczegółowego zdjęcia magnetycznego Suwalszczyzny zaprojektowane zostały i wykonane dalsze otwory wiertnicze. We wszystkich otworach zlokalizowanych w obrębie obszarów anomalnych, wydzielonych na podstawie map opracowanych metodą W. N. Paula i L. Constantinescu, nawiercono rudy ilmenitowo-magnetytowe. Ta ogromna trafność lokalizacji otworów wiertniczych wskazuje, jak bardzo przydatne były w tym przypadku wyniki szczegółowego zdjęcia magnetycznego. Warto przy tym zwrócić uwagę na fakt, że koszt całego zdjęcia magnetycznego łącznie z interpretacją jego wy-



ników był kilkanaście razy mniejszy od kosztów jednego otworu wiertniczego.

Oprócz zdjęcia magnetycznego wykonano również półszczegółowe zdjęcia grawimetryczne w celu wyjaśnienia niektórych elementów budowy geologicznej podłoża krystalicznego. Anomalie grawimetryczne nad obszarem II—III nie są tak wyraźne jak magnetyczne, ponieważ są bardziej złożone. Pochodzą zarówno od skał podłoża krystalicznego, jak i od większych jednostek geologicznych głębiej leżących, a także od skał pokrywy osadowej. Z tego względu wyniki zdjęcia grawimetrycznego nie były wykorzystane do rozpoznania geologicznego.

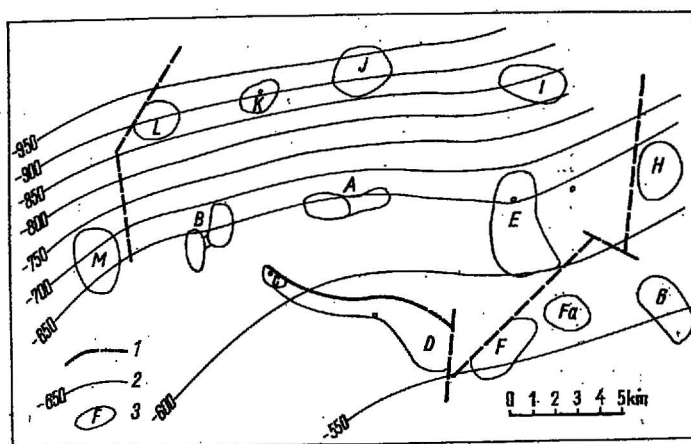


Fig. 5. Obszary anomalne w rejonie anortozytowego intruzywu suwalskiego

Anomalous areas distinguished in the vicinity of the Suwałki anorthosite massif

- 1 — strefa kontaktowa masywu anortozytowego; 2 — izohipsy podłoża krystalicznego; 3 — obszary anomalne  
 1 — contact zone of the anorthosite massif; 2 — isohypses of the crystalline basement; 3 — anomalous areas

Podobną analizę materiałów geofizycznych przeprowadzono dla całego intruzywu suwalskiego (H. Kurbiel, 1970). W analizie tej uwzględniono zarówno wyniki zdjęcia magnetycznego, jak i grawimetrycznego. Efektem tego opracowania jest mapa zbiorcza, na której wydzielono obszary anomalne utworów o dużym namagnesowaniu, perspektywiczne dla występowania rudy ilmenitowo-magnetytowej. Wszystkie wydzielone obszary anomalne rejonu suwalskiego podzielono na cztery grupy wg intensywności anomalii i możliwości występowania rudy ilmenitowo-magnetytowej (fig. 5). Do grupy pierwszej zaliczono wydzielone już w analizie szczegółowego zdjęcia magnetycznego obszary: I, II i III, na których rozpoznano noryto-anortozyty ilmenitowo-magnetytowe; do grupy drugiej zaliczono obszary Jeleniewa i Jeziora Okrągłego, na których stwierdzono podobne utwory, do trzeciej grupy zaliczono obszary perspektywiczne, tj. o dużym namagnesowaniu, położone wzdłuż kontaktu, a więc obszary

C i D, obszar E oraz wschodnią część obszaru A. Pozostałe (osiem) obszary anomalne: F, Fa, G, H, I, J, L, M zaliczono do grupy czwartej, gdzie występowanie okruszcowania uważa się za możliwe.

Przy przeprowadzaniu interpretacji wyników badań magnetycznych z rejonu suwalskiego sporo uwagi poświęcono wynikom badań parametrów magnetycznych nawierconych skał. Badania te dostarczają cennych informacji i są niezbędne do przeprowadzenia poprawnej interpretacji. W rejonie suwalskim w latach 1963—1970 objęto tego rodzaju badaniami wszystkie skały nawiercone w podłożu krystalicznym. Spośród nawierconych skał ruda ilmenitowo-magnetytowa wykazuje największą podatność magnetyczną, średnio  $170\,000 \times 10^{-6}$  CGSM, i najwyższe namagnesowanie resztkowe, średnio  $240\,000 \times 10^{-6}$  CGSM. Stąd nasuwa się wniosek, że ruda ilmenitowo-magnetytowa ma dominujący wpływ na wielkość obserwowanych anomalii magnetycznych tego rejonu.

Znajomość parametrów magnetycznych nawierconych skał pomaga niekiedy wyjaśnić trudny problem interpretacyjny. Tak np. w przypadku anomalii Krzemianka stwierdzenie istnienia odwrotnego kierunku namagnesowania resztkowego w znacznej części rudy ilmenitowo-magnetytowej wyjaśniło fakt istnienia niewielkiej anomalii magnetycznej nad dużą masą magnetycznie czynną. Wyjaśnienie tego zagadnienia rzuciło nowe światło na wyniki badań magnetycznych. Można przypuszczać, że także inne anomalie magnetyczne tego rejonu o niedużych amplitudach mogą odzwierciedlać większe masy rudy, wykazującej w dużym procencie odwrotny kierunek namagnesowania resztkowego.

Reasumując ten krótki przegląd efektywności badań magnetycznych i grawimetrycznych na przykładzie regionu suwalskiego, można stwierdzić, że badania magnetyczne dały szczególnie cenne informacje, które przyczyniły się do wykrycia złóż, a następnie umożliwiły ekonomiczną lokalizację rozpoznawczych otworów wiertniczych.

Uzyskane efekty w połączeniu z niewielkimi kosztami tych badań przemawiają za szerokim stosowaniem metody magnetycznej i uzupełniającej ją metody grawimetrycznej przy dalszym poszukiwaniu i rozpoznawaniu tego typu złóż.

Penetracja wiertnicza głęboko zalegającego podłoża krystalicznego północno-wschodniej Polski bez zastosowania badań geofizycznych jest praktycznie niemożliwa, czego potwierdzeniem jest przebieg odkrycia i rozpoznania wymienionego złoża.

Należy podkreślić, że badania magnetyczne i grawimetryczne, jak wynika z praktyki, wykazują dużą przydatność nie tylko przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu surowców mineralnych stałych głębiej położonych, ale także płycej występujących, takich jak surowce skalne, węgiel brunatny, surowce chemiczne i inne.

Wymienione walory badań magnetycznych i grawimetrycznych predestynują tego typu badania do szerszego stosowania przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż surowców stałych i do zajęcia bardziej poczesnego miejsca w geofizyce stosowanej.

## PIŚMIENNICTWO

- DABROWSKI A., KARACZUN K. (1956) — morfologia podłoża prekambryjskiego w północno-wschodniej Polsce. *Prz. geol.*, 4, p. 341—344, nr 8. Warszawa.
- DARROWSKI A., SKORUPA J. (1972) — Rola badań geofizycznych w poznaniu geologii Polski. *Biul. Inst. Geol.*, 252, p. 57—68. Warszawa.
- KUBICKI S., RYKA W., ZNOSKO J. (1972) — Tektonika podłoża krystalicznego prekambryjskiej platformy w Polsce. *Kwart. geol.*, 16, p. 523—545, nr 3. Warszawa.
- KURBIEL H. (1970) — Reinterpretacja anomalii magnetycznych Krzemianka-Udryń. *Kwart. geol.*, 14, p. 589, nr 3. Warszawa.
- KURBIEL H., WYBRANIĘC S. (1971) — Zastosowanie metod geofizycznych przy poszukiwaniu złóż surowców mineralnych stałych w Polsce. *Prz. geol.*, 19, p. 96—99, nr 2. Warszawa.
- MAŁOSZEWSKI S. (1964) — Głębokie podłoża północno-wschodniej Polski w świetle geofizyki. *Geofiz. i Geol. naft.*, nr 9. Kraków.
- SKORUPA J. (1959) — Wnioski metodyczne do poszukiwań złóż rud żelaza w północno-wschodniej Polsce. *Prz. geol.*, 7, p. 111—115, nr 3. Warszawa.
- SKORUPA J. (1961) — Metody badań geofizycznych zakrytych obszarów na przykładzie północno-wschodniej Polski. *Prz. geol.*, 9, p. 206—209, nr 4. Warszawa.
- SKORUPA J. (1963) — Główne elementy tektoniki krystalicznego podłoża platformy wschodnioeuropejskiej dla obszaru Polski w nawiązaniu do danych geofizycznych. *Pr. Inst. Geol.*, 30, p. 125—132. Warszawa.
- ZNOSKO J. (1959) — Kilka uwag o budowie geologicznej i złożach rud żelaza kurskiej anomalii magnetycznej i Krzywego Rogu oraz wnioski do poszukiwań w NE Polsce. *Prz. geol.*, 7, p. 105—111, nr 3. Warszawa.
- СТРАХОВ В. Н. (1960) — Опыт интерпретаций магнитных аномалий КМА методом построения изоляний  $\Delta Z$  в вертикальной плоскости. *Прикладная геофизика*. № 27. стр. 116—130. Москва.

Хенрик КУРБЕЛЬ

ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАГНИТНЫХ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДОГО  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В СУДЕТАХ И НА СЕВ ПОЛЬШИ

Резюме

Представлена эффективность магнитных и гравиметрических исследований при поисках месторождений твердого минерального сырья на примере результатов детальных геофизических работ, выполненных в Судетах и на северо-востоке Польши.

Результаты проведенной в Судетах детальной магнитной и гравиметрической съемки, охватывающей небольшую территорию залегания серпентинитов, показали наличие локальных гравиметрических аномалий, а также дифференцированность напряжения магнитного поля. Локальные гравиметрические аномалии могут быть связаны с линзами хро-

митовых пород, а зоны пониженных значений  $\Delta Z$  могут отражать тектонические и аплитовые зоны, с которыми часто связаны месторождения хромитов (Фиг. 3).

Детальные магнитные исследования, проведенные на северо-востоке Польши в районе Кжемянки, позволили выделить несколько аномалий, связанных с сильно намагниченными породами, залегающими в кристаллическом фундаменте на глубине свыше 800 м (Фиг. 4). Изучение физических параметров пробуренных пород показало, что наиболее намагниченными в этом районе являются ильменитово-магнетитовые руды, залегающие в норитово-анортозитовых породах. Аномалии, связанные с сильно намагниченными породами, выделены также на территории всего анортозитового сувальского массива, на основании результатов полудетальной магнитной и гравиметрической съемки (Фиг. 5).

При рассмотрении результатов детальных и полудетальных геофизических исследований на северо-востоке Польши показано, что магнитные исследования дали много ценных информации, которые способствовали открытию месторождения ильменитово-магнетитовой руды и позволили рационально разместить разведочные скважины.

Henryk KURBIEL

**SELECTED PROBLEMS OF MAGNETIC AND GRAVIMETRIC SURVEYS  
EXEMPLIFIED BY EXPLORATION FOR SOLID MINERALS RESOURCES  
IN THE SUDETES MOUNTAINS AND NE POLAND**

Summary

Results of detailed geophysical work in the Sudetes mountains and NE Poland are reported and discussed as examples of the effectiveness of the magnetic and gravimetric surveys carried out for solid minerals purposes.

Detailed magnetic and gravimetric surveys confined to minor serpentinite areas in the Sudetes mountains revealed local gravity anomalies and differentiation of the magnetic field intensity. Local gravity anomalies may be due to chromite lenses, while zones of lower  $\Delta Z$  values may reflect veins or tectonic zones to which chromite deposits are frequently related (Fig. 3). The planned boreholes are expected to provide information whether or not local gravity anomalies and zones of lower  $\Delta Z$  values are related to chromite deposits.

Detailed magnetic survey completed in the Krzemianka area (NE Poland) enabled to distinguish several anomalous areas connected with strongly magnetized rocks in the crystalline basement occurring at the depth lower than 800 m (Fig. 4). Examinations of the physical parameters of drilling samples indicate that in the area discussed the highest magnetization is shown by ilmenite-magnetite ores occurring in norite-anorthositic rocks. On the basis of a semi-detailed magnetic and gravimetric survey anomalous areas related to strongly magnetized rocks have been traced out also in the whole Suwałki anorthosite massif (Fig. 5). The magnetic surveys provided valuable information that contributed to the discovery of ilmenite-magnetite ores in NE Poland and facilitated an effective location of development boreholes.