

Adam DĄBROWSKI, Andrzej UHRYNOWSKI

## Budowa podłoża krystalicznego południowego Bałtyku w świetle wyników zdjęcia magnetycznego z lat 1971—1972

### WSTĘP

Badania magnetyczne Bałtyku rozpoczął w 1953 r. Oddział Leninradzki Instytutu Magnetyzmu Ziemskiego, Jonosfery i Propagacji Fal Radiowych Akademii Nauk ZSRR. Stanowiły one fragment prac, związanych z badaniem magnetycznego pola Ziemi. Do badań używano amagnetycznego statku badawczego *Zaria*, na którym przez prawie 20 lat wykonywano pomiary na wszystkich oceanach i większości mórz kuli ziemskiej (M. M. Iwanow, 1966). Program badań obejmował m. in. specjalne pomiary na Bałtyku północnym, jak również na różnych trasach podczas wielokrotnych rejsów statku, w drodze na oceany i z powrotem. Długość tras, wzdłuż których wykonano pomiary na Bałtyku, wynosiła w sumie 14 150 mil morskich. Dokładność użytych magnetometrów wynosiła ok.  $\pm 30$  gamma, zaś dokładność lokalizacji punktów pomiarowych 1—2 mile morskie. Uzyskane materiały pozwoliły geofizykom radzieckim (D. P. Gołub, J. S. Sidorow, 1971) sformułować wiele wniosków o budowie powierzchni podłoża krystalicznego Bałtyku.

W latach 1966—1967 Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych przeprowadziło na północ od linii Łeba — Hel, na obszarze o powierzchni  $45 \times 20$  mil morskich, pomiary całkowitego natężenia pola magnetycznego Ziemi za pomocą magnetometru protonowego, holowanego za statkiem. Do lokalizacji profiliw pomiarowych, przebiegających co 2 mile morskie, użyto jednego z przybrzeżnych systemów nawigacyjnych.

W czerwcu 1971 r. i w tym samym miesiącu w 1972 r., w ramach wspólnych prac Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie<sup>1</sup> oraz Leninradzkiego Oddziału Instytutu Magnetyzmu Ziemskiego, Jonosfery i Propagacji Fal Radiowych Akademii Nauk ZSRR, wykonano pomiary

<sup>1</sup> Prace były wykonywane pod kierunkiem A. Uhrynowskiego ze strony polskiej oraz M. M. Iwanowa i L. G. Kasjanienko ze strony radzieckiej.

magnetyczne na Bałtyku południowym w pasie wód przybrzeżnych o szerokości 50 mil morskich, rozciągającym się od Zatoki Pomorskiej do Zatoki Gdańskiej. Prace te poprzedzono pomiarami próbnymi, które wykonano w sierpniu 1970 r. w rejonie Kołobrzegu i Darłowa (A. Uhrynowski, 1971). Pomiary czterech elementów pola magnetycznego Ziemi ( $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$ ) pozwoliły opracować pierwsze kompletne i jednorodne mapy magnetyczne południowego Bałtyku, które mogą stanowić materiał przeglądkowy, jak również wyjściowy przy projektowaniu wszelkich zdjęć półszeregółowych i szeregółowych. Stanowią one także dostateczną podstawę do wstępnych badań budowy powierzchni podłoża krystalicznego południowego Bałtyku.

## POMIARY

Do badań wykonywanych w latach 1971—1972 użyto amagnetycznego statku badawczego *Zaria*, wyposażonego m. in. w aparaturę do pomiarów absolutnych wartości elementów  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$  pola magnetycznego Ziemi oraz w aparaturę do rejestracji zmian tych elementów podczas rejsów. Do pomiarów i ciągłej rejestracji zmian natężenia składowej poziomej  $H$  i pionowej  $Z$  oraz do rejestracji magnetycznego kursu statku służył wariometr magnetyczny MG-45. Równocześnie notowano geograficzny kurs statku oraz różnicę kursów geograficznego i magnetycznego, czyli zmiany deklinacji magnetycznej. Zmiany natężenia pełnego wektora  $F$  pola magnetycznego rejestrowano za pomocą nieznacznie zaadaptowanego magnetometru AM-13, stosowanego do pomiarów z samolotu. Pomiary absolutne  $D$  wykonywano przy użyciu dużego okrętowego kompasu magnetycznego i pelengatora systemu Kawrajskiego do obserwacji ciał niebieskich. Pomiary absolutne  $H$  wykonywał duży kompas podwójny, natomiast pomiary  $F$  — dwa magnetometry protonowe: polski PMP i radziecki PM-1. Wyznaczenia absolutne  $Z$  prowadzono za pomocą magnetometru cezowo-rubidowego, którego czujnik został umieszczony w odpowiednio ustawionych pierścieniach Helmholtza, kompensujących składową poziomą  $H$ . Magnetometr ten pozwala mierzyć pole magnetyczne w sposób ciągły, dlatego też wyniki pomiarów — podobnie jak wyniki pomiarów względnych — zapisywano na rejestratorze. Zarówno magnetometr cezowo-rubidowy, jak i magnetometr MG-45 zostały zainstalowane na specjalnych platformach żyrohoryzontalnych. Czujnik  $D$  magnetometru MG-45 utrzymywał go automatycznie w odpowiednim, niezmiennym położeniu w stosunku do południka magnetycznego. Ten sam czujnik, za pomocą specjalnego układu selsynów i przekaźników, zapewniał odpowiednią orientację magnetometru cezowo-rubidowego.

Pomiary prowadzono metodą profilową. Obszar badań podzielono na trzy poligony: Gdynia, Słupsk i Kołobrzeg. Na każdym poligonie wykonano pomiary wzdłuż jedenastu profili, przebiegających co 5 mil morskich równoległe do linii brzegowej, oraz na trzydziestu kontrolnych profilach przecinających poprzednie. Całkowita długość trasy statku, wzdłuż której wykonywano pomiary, wynosiła ponad 4000 mil morskich. Wyniki pomiarów  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$  były rejestrowane w sposób ciągły w po-

stacji magnetogramów, na których co 15 minut kreślony był także znaczek czasowy. Na każdym z ok. 200 punktów przecięcia się profilów otrzymano po dwie wartości  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$ , których różnice stanowiły podstawę do oceny dokładności przeprowadzonych pomiarów. Na te różnice składają się błędy: 1 — pomiarów (np. wpływ kołysania się statku na dużej fali, którego żyrostabilizatory nie zdołały dostatecznie zredukować); 2 — lokalizacji punktów pomiarowych, zwłaszcza w rejonach o większym gradiencie pola; 3 — określenia poprawki wariacyjnej; 4 — wyznaczenia poprawki dewiacyjnej.

## NAWIGACJA

Jednym z istotniejszych czynników, decydujących o precyzji zdjęcia magnetycznego wykonywanego na morzu, jest dokładność lokalizacji punktów pomiarowych. Ponieważ rejon objęty badaniami na całej szerokości wybrzeża wchodził pasem do około pięćdziesięciu mil w morze, nie można było zastosować przybrzeżnych, lokalnych systemów nawigacyjnych, takich jak RYM czy SEAFIX. Uznano zatem, że najdogodniejsze będzie wykorzystanie południowoszwedzkiego łańcucha OA systemu radionawigacyjnego DECCA, z siatką hiperboliczną odpowiednio rozciągniętą na wody południowego Bałtyku. Ze względu na brak danych o stabilności i dokładności łańcucha OA w tym rejonie zaszła konieczność zastosowania specjalnej metody odbioru sygnałów DECCA i opracowania wyników, celem jak najdokładniejszego określenia pozycji statku na morzu oraz jej średnich błędów. Na zlecenie Instytutu Geodezji i Kartografii Wyższa Szkoła Morska w Gdyni opracowała metodę, polegającą na jednoczesnym odbiorze sygnałów na statku i w specjalnych stacjach lądowych. Na czas prowadzonych badań na statku i w stacjach tych zainstalowano odbiorniki sygnałów DECCA wraz ze specjalnie skonstruowanymi urządzeniami pomocniczymi, pozwalającymi utrwalić na taśmie filmowej obrazy chronometru i zegarów odbiornika w tym samym momencie. Podczas rejsu fotografowano zegary co 15 minut. Ponadto ich wskazania notowano w dzienniku, a otrzymaną pozycję statku nanoszono wstępnie, na bieżąco na mapę morską (w odwzorowaniu Mercatora, w skali 1 : 200 000), stanowiącą kartograficzny podkład zdjęcia. Wyznaczone pozycje statku wymagały jeszcze wprowadzenia poprawek, wynikających z uwzględnienia w opracowaniu kameralnym stałych i zmiennych błędów łańcucha OA, które można było wyznaczyć dzięki zastosowaniu wyżej wspomnianej metody odbioru sygnałów DECCA. Ostateczne pozycje statku, wyznaczane co 15 minut, zostały zestawione w postaci katalogu, zawierającego kolejne numery punktów, momenty określenia pozycji statku, współrzędne geograficzne, odpowiadające tym momentom, oraz średnie błędy wyznaczonych pozycji statku.

Południowoszwedzki łańcuch OA został przewidziany do obsługi statków pływających raczej w północnej części Bałtyku. Dokładność określenia pozycji statku *Zaria* w rejonie Świnoujścia, gdzie siatka hiperboliczna przecina się pod kątem ostrym, jest więc mniejsza niż na pozostałym obszarze. Mniejsza jest także dokładność określenia pozycji statku w go-

dzinach nocnych, ze względu na niekorzystne odbicie fal radiowych od jonosfery. Średnie błędy pomiarów dziennych wahają się od 30 do 100 m, nocnych zaś od 100 do 400 m. W rejonach na zachód od Kołobrzegu błędy pomiarów dokonywanych nocą są większe.

Ogólna ilość punktów, w których wyznaczono pozycję statku, wynosi 2313, z czego 56% wyznaczono ze średnim błędem mniejszym od 100 m, 23% — ze średnim błędem od 100 do 200 m, 12% — ze średnim błędem od 200 do 400 m oraz 9% — ze średnim błędem większym od 400 m.

### POPRAWKI WARIACYJNE

Dane niezbędne do obliczenia poprawek redukcyjnych, uwzględniających wariacje pola magnetycznego, które zachodziły podczas pomiarów wykonywanych na morzu, zostały zaczerpnięte z Obserwatorium Magnetycznego Polskiej Akademii Nauk w Helu. Jednocześnie, w celu zbadania rozkładu przestrzennego zmian dobowych pola magnetycznego w rejonie wykonywanych pomiarów, podczas obydwu sezonów pomiarowych w pobliżu Kołobrzegu dodatkowo zainstalowano połowę magnetyczną stację wariograficzną. Była ona wyposażona w przenośny wariograf Askania Gv-3 nr 56, który ustawiono w piwnicy ziemnej, gdzie wahania dobowe temperatury nie przekraczały 2—3°C. Do pomiarów kontrolnych dokonywanych w celu badania stałości baz wariometrów służyły: magnetometr QHM nr 245, magnetometr BMZ nr 254 oraz deklinator niciowy. Codzienne pomiary kontrolne oraz ich rejestrację opracowywano na bieżąco. Ponieważ różnice między przebiegiem zmian dobowych pola magnetycznego w rejonie Helu i Kołobrzegu nie przekraczają 10 gamma, pomiary zredukowano tylko według magnetogramów helskich. Wszystkie pomiary, wykonane zarówno w 1971 r., jak i w roku następnym, zostały zredukowane do średniej rocznej wartości  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$  z okresu od 20 czerwca do 7 lipca 1971 r. Jako epokę opracowania materiałów przyjęto 1971,5.

### POPRAWKA DEWIACYJNA

Statek badawczy *Zaria* jest drewnianym szkunerem, zbudowanym specjalnie do pomiarów magnetycznych na morzu. Wyposażony w ozagłowanie rejowo-gaflowe oraz silnik wysokoprężny może płynąć z prędkością 6—10 węzłów. Mimo, że statek zbudowano jako amagnetyczny, niektóre jego elementy i urządzenia, czy to ze względu na materiał, z którego musiały być sporządzone, czy też ze względu na ich pracę, powodują powstawanie pól magnetycznych, zakłócających prawidłowe wskazania magnetometrów. Poprawka dewiacyjna, mająca na celu wyeliminowanie z wyników pomiarów wpływu tych zakłóceń, nie przekracza kilkudziesięciu gamma. Jest ona w różnych miejscach statku niejednakowa i zależy od kursu, którym statek płynie, oraz od pola magnetycznego w jakim statek się znaj-

duje, co z wystarczającym przybliżeniem można traktować jako zależność od szerokości geograficznej.

W czasie pomiarów w 1971 r. dla wszystkich magnetometrów wyznaczano poprawki dewiacyjne trzykrotnie, w 1972 r. zaś — pięciokrotnie. Wyznaczenia wykonywano w rejonach o minimalnym gradiencie pola magnetycznego, przy spokojnym morzu i Słońcu nisko nad horyzontem. Statek płynął ze zmniejszoną prędkością kolejno kursami co  $45^\circ$ . Na każdym kursie wykonywano pomiary magnetyczne wszystkimi przyrządami. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono wartości poprawek drogą wyrównania obserwacji metodą najmniejszych kwadratów. Ze względu na mały zakres zmian szerokości geograficznej w rejonie objętych pomiarami nie uwzględniano zależności poprawki dewiacyjnej od tego parametru i dla całego rejonu przyjęto wartości średnie. Wyniki wyznaczenia poprawek wariacyjnych dla wszystkich przyrządów przedstawiono graficznie. Część stałą poprawek wyznaczono po powrocie statku do Leningradu.

## OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Wstępne opracowanie wyników pomiarów wykonywano na bieżąco na statku. Polegało ono na przeniesieniu na papier milimetryowy otrzymanych na magnetogramach krzywych, przedstawiających w zmniejszonej skali przebieg zmian mierzonego elementu  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  lub  $F$  pola magnetycznego, przy jednoczesnym wyeliminowaniu sztucznych zakłóceń rejestracji. Na uzyskany w ten sposób wykres, którego osią odciętych jest czas, osią rzędnych zaś mierzony element pola, nanoszono wyniki wyznaczeń absolutnych oraz kursy, którymi statek płynął. Pozwoliło to na przypisanie rzędnej zerowej określonej wartości bazowej, do której wprowadzano następnie poprawkę dewiacyjną drogą odpowiedniego przesunięcia w górę lub w dół otrzymanej linii bazowej. Dalsze opracowanie materiałów pomiarowych wykonano w Leningradzie. Na sporządzony poprzednio wykres naniesiono poprawki wariacyjne oraz zaznaczono punkty przecięcia się profilów. Opracowanie ostateczne polegało na przypisaniu charakterystycznym punktom na profilach odpowiednich wartości absolutnych elementów pola magnetycznego. Za punkty charakterystyczne przyjęto te, w których określano pozycję statku (w tych samych momentach kreślono na magnetogramach znaczki czasowe) oraz punkty przecięcia się profilów. W razie potrzeby profil zagęszczano dodatkowymi punktami.

Każdy mierzony element pola magnetycznego opracowano osobno, a ponadto obliczono anomalie  $F$  i  $Z$ , posługując się polem normalnym określonym graficznie na podstawie poprzednich pomiarów, wykonanych na statku *Zaria*, i innych dostępnych materiałów.

Jako podkładów kartograficznych użyto tych samych map morskich co do nawigacji, w skali 1:200 000, na których skartowano punkty charakterystyczne, posługując się katalogiem, zestawionym przez Wyższą Szkołę Morską, oraz interpolując według czasu położenie punktów przecięcia się profilów. Po odpowiednim opisaniu skartowanych punktów i przeprowadzeniu interpolacji wykreślono mapy  $D$ ,  $H$ ,  $Z$  i  $F$  oraz mapy

anomali  $Z_a$  i  $F_a$ . Izolinie na mapie anomali  $Z_a$  poprowadzono co 200 gamma. Dokładność wyznaczeń  $Z$ , określona na podstawie analizy wyników pomiarów w punktach przecięcia się profilów w zależności od gradientu pola i pory dnia, w której je wykonano, mieści się w granicach 10—50 gamma.

## OBRAZ MAGNETYCZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Obszar objęty zdjęciem magnetycznym można podzielić na dwie części o całkowicie odmiennym obrazie magnetycznym. Część południowo-zachodnia charakteryzuje się zupełnym brakiem anomali lokalnych i niewielkimi zmianami składowej  $Z$ . W części północno-wschodniej natomiast, na stosunkowo spokojnym tle występuje ponad 30 anomali lokalnych o amplitudzie od kilkuset do ponad tysiąca gamma. Ogromna większość to anomalie dodatnie. Tylko w dwóch miejscach zaznaczają się anomalie ujemne, o amplitudzie nie przekraczającej kilkuset gamma.

Obie omawiane części rozdziela strefa dużych wartości gradientu poziomego składowej  $Z$ , która maleje z północnego wschodu na południowy zachód. Strefa ta zaczyna się w okolicy Koszalina i biegnie na północny zachód.

Porównując wyniki zdjęcia z lat 1971—1972 i zdjęcia z lat 1966—1967 — wykonanego przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych — o znacznie większym zagęszczeniu profili pomiarowych, stwierdzono, że na obszarze, gdzie się te zdjęcia pokrywają występuje w obu przypadkach ta sama ilość anomali lokalnych. Oczywiście zdjęcie szczegółowsze pozwoliło lepiej uchwycić zarysy każdej z nich.

## METODYKA INTERPRETACJI I JEJ WYNIKI

Wykorzystując wyniki zdjęcia magnetycznego z lat 1971—1972 przeprowadzono próbę interpretacji geologicznej obrazu magnetycznego południowego Bałtyku. Stosując metodę stycznych, opisaną w wielu podręcznikach (np. A. Kozera, 1970), obliczono głębokości występowania stropu ciał zaburzających, powodujących poszczególne anomalie lokalne składowej  $Z$ . Ze względu na brak danych wiertniczych nie można stwierdzić, w jakim stopniu kształt tych ciał odpowiada modelowi założonemu w metodzie stycznych, dlatego też trudno obecnie przeprowadzić analizę dokładności omawianej interpretacji. Można jedynie przypuszczać, że dokładność ta będzie inna w przypadku każdej anomalii. Interpolując między punktami, dla których określono głębokości występowania stropu ciał zaburzających, wyznaczono przebieg izohips stropu czynnego magnetycznie podłoża południowego Bałtyku.

Podobną próbę interpretacji, ale na podstawie znacznie mniej dokładnych i szczegółowych danych, przeprowadzili D. P. Gołub i J. S. Sidorow (1971). W zbliżony sposób została wcześniej opracowana mapa

morfologii podłoża czynnego magnetycznie obszaru lądowego Polski (A. Dąbrowski, 1957; A. Dąbrowski, K. Karaczun, 1956, 1958).

Izohipsy czynnego magnetycznie podłoża południowego Bałtyku przebiegają w odstępach co 500 m (fig. 1). Na sąsiednim obszarze lądowym „...izohipsy horyzontu refrakcyjnego o  $V_{gr}$  rzędu 6 km/sek wiązanego ze stropem skonsolidowanego podłoża (ewentualnie ze stropem starych wulkanitów) w obrębie starej platformy wschodnioeuropejskiej...” przedstawiono według mapy J. Skorupy (1974), opracowanej na podstawie wyników regionalnych badań refrakcyjnych. Ponieważ na obszarze gotyjskiej platformy wschodnioeuropejskiej strop podłoża czynnego magnetycznie i strop podłoża skonsolidowanego odpowiadają na ogół stropowi podłoża krystalicznego, można przyjąć, że w rozpatrywanym przypadku oba rodzaje izohips są sobie równoważne.

Z figury 1 widać, że wyniki interpretacji obu rodzajów badań geofizycznych są ze sobą na ogół zgodne, co świadczy o poprawności interpretacji materiałów magnetycznych. Również wyniki niniejszej interpretacji i interpretacji geofizyków radzieckich (D. P. Gołub, J. S. Sidorow, 1971) na ogół nie różnią się od siebie. Jedynie tuż przy samym południowym brzegu Bałtyku głębokości występowania stropu podłoża czynnego magnetycznie, określone przez geofizyków radzieckich, są znacznie mniejsze niż uzyskane w wyniku niniejszej pracy. Być może wynikało to z małej szczególności i niedokładności danych, którymi dysponowali ci badacze.

W dwóch miejscach na północnym krańcu badanego obszaru statek USA przeprowadził sondowania refrakcyjne, których wyniki zostały opublikowane przez E. T. Bunce (1969). Określone na podstawie tych badań głębokości występowania horyzontu refrakcyjnego, odpowiadającego stropowi podłoża krystalicznego, podano także na fig. 1. Są one zgodne z wynikami interpretacji danych magnetycznych. Należy zaznaczyć, że wyniki badań E. T. Bunce oraz D. P. Gołuba i J. S. Sidorowa zostały wykorzystane przez R. Dadleza (1974) w pracy na temat budowy geologicznej południowego Bałtyku.

W południowo-zachodniej części badanego obszaru, poczynając od Kołobrzegu, zaznacza się strefa regionalnego wzrostu poziomego gradientu anomalii Z. Strefa ta oddziela obszar występowania licznych lokalnych anomalii magnetycznych od obszaru pozbawionego tych anomalii. Ponieważ jest ona przedłużeniem strefy o tym samym charakterze z obszaru lądowego Polski, można przypuszczać, że tak jak i tam (A. Dąbrowski, K. Karaczun, 1958) jest ona odbiciem strefy wgłębnych rozłamów — znanych pod nazwą linii Tornquista-Teisseyra — zrzucających podłoża krystaliczne z północnego wschodu ku południowemu zachodowi. J. Skorupa (1974) prześledził tę strefę na podstawie badań refrakcyjnych, określając ją jako „...strefę umownej granicy horyzontów sejsmicznych o różnym charakterze...”.

Na figurze 1 widoczne jest wyniesienie podłoża czynnego magnetycznie, biegnące wzdłuż równoleżnika Bornholmu. W najpłytszych miejscach (poza Bornholmem, gdzie występuje na powierzchni) głębokość występowania tego podłoża wynosi ok. 2500 m. Jego strop zapada łagodnie ku północnemu wschodowi, by następnie znów się wynurzyć do głębo-

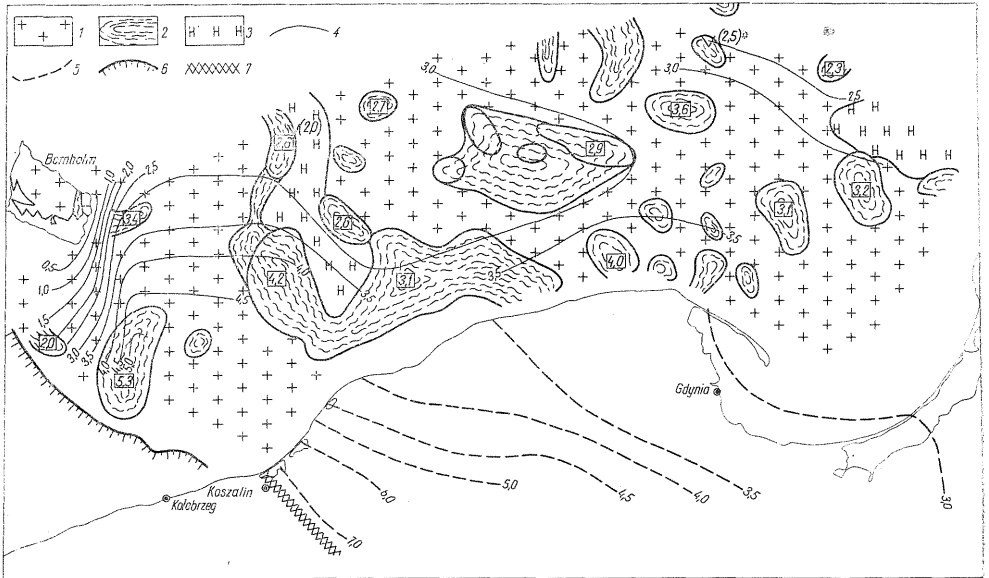


Fig. 1. Czynne magnetycznie podłoże południowego Bałtyku

Magnetically active basement of the southern Baltic

1 — granitoids; 2 — metamorficzne skały svekofenno-karelskie; 3 — kompleks norytowo-anortozytowy; 4 — izohipsy podłoża czynnego magnetycznie co 0,5 km; 5 — izohipsy poziomu refrakcyjnego o  $V_{gr}$  rzędu 6 km/sek (wg J. Skorupy, 1974); 6 — strefa wgłębnych rozłamów (na podstawie zdjęcia magnetycznego); 7 — strefa umownej granicy horyzontów sejsmicznych o różnym charakterze (wg J. Skorupy, 1974), granice poszczególnych rodzajów litologicznych skał krystalicznych Bornholmu wg Ch. Poulsen (1960); liczby w kwadratach oznaczają głębokość występowania stropu podłoża czynnego magnetycznie w km; liczby w nawiasach oznaczają głębokość występowania poziomu refrakcyjnego, odpowiadającego stropowi podłoża krystalicznego (wg E. T. Bunce, 1969)

1 — granitoids; 2 — metamorphic Svekofenno-Karelian rocks; 3 — norite-anortosite complexes; 4 — contour lines of the magnetically active basement at intervals of 0.5 km; 5 — contour lines of refraction horizon,  $V_{gr}$  of 6 km per second (after J. Skorupa, 1974); 6 — zone of deep fractures (on the basis of magnetic survey); 7 — zone of conventional boundary of seismic horizons of different character (after J. Skorupa, 1974), boundaries of the particular lithological types of crystalline rocks in Bornholm after Ch. Poulsen (1960); figures enclosed in squares denote the depth of the top of the magnetically active basement in kilometres; figures in brackets designate the depth of refraction horizon, corresponding to the top of the crystalline basement (after E. T. Bunce, 1969)

kości ok. 2500 m. Ku południowi zapadanie jest znacznie większe, a głębokości zalegania przekraczają 4000 m.

Opierając się na analizie obrazu magnetycznego przeprowadzono także próbę określenia zróżnicowania litologicznego powierzchni podłoża krystalicznego. Zastosowano metodę, która posłużyła K. Karaczunowi, S. Kubickiemu i W. Rycy (Skały platformy prekambryjskiej w Polsce, 1973) do opracowania mapy zróżnicowania litologicznego krystaliniku północno-wschodniej Polski. Strefy braku lokalnych anomalii magnetycznych przypisano obszarom występowania granitoidów o małej podatności magnetycznej. Strefy zasięgu dodatnich anomalii magnetycznych odpowiadałyby skałom metamorficznym svekofenno-karelskim o średniej podatności magnetycznej, dwa zespoły anomalii ujemnych zaś skałom magmowym o średniej bądź dużej podatności i odwrotnym kierunku namagnesowania. Tego typu anomalia wiąże się z kompleksem norytowo-anortozytowym masywu suwalskiego, w obrębie którego wy-



stępuje znane złożo tytano-magnetytowe Krzemianki. Zróznicowanie litologiczne stropu podłoża krystalicznego Bornholmu podano według Ch. Poulsen (1960).

Jak wynika z fig. 1 podłożo krystaliczne południowego Bałtyku jest zbudowane głównie z granitoidów, wśród których zaznaczają się izolowane kompleksy skał metamorficznych. Skały magmowe (być może anortozyty i noryty) występują na północ od Darłowa i Ustki oraz (co jest mniej pewne) na północ od Mierzei Wiślanej.

Oczywiście — ze względu na brak reperowych danych wiertniczych — przedstawione zróznicowanie litologiczne podłoża krystalicznego ma bardzo hipotetyczny charakter i może w pewnych przypadkach odbiegać od rzeczywistości. Tak na przykład niektóre dodatnie anomalie magnetyczne mogą się wiązać z występowaniem pewnych typów zasadowych skał magmowych, anomalie ujemne zaś mogą być powodowane przez dolne bieguny magnetyczne ciał zaburzających, powodujących anomalie dodatnie w sąsiedztwie.

Jednakże, mimo tych zastrzeżeń, obraz przedstawiony na fig. 1 można uznać za pierwszą wersję mapy zróznicowania litologicznego powierzchni podłoża krystalicznego południowego Bałtyku, co niewątpliwie stanowi dalszy krok w rozpoznawaniu geologicznym badanego obszaru.

## WNIOSKI

1. Zdjęcie magnetyczne południowego Bałtyku z lat 1971—1972 pozwoliło nie tylko zarejestrować wszystkie anomalne elementy obrazu magnetycznego tego obszaru, ale także — w wyniku interpretacji — uzyskać cenne informacje o budowie podłoża krystalicznego.

2. Dla lepszego sprecyzowania poszczególnych anomalii lokalnych — wiążących się z różnymi litologicznie elementami podłoża krystalicznego — należy w przyszłości objąć je zdjęciem magnetycznym o szczególności co najmniej takiej jak zdjęcie z lat 1966—1967, wykonane przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych.

3. Ponieważ na dokładność zdjęcia magnetycznego Bałtyku największy wpływ ma dokładność lokalizacji profilów pomiarowych, trzeba by — przystępując do badań szczegółowszych — zagwarantować jej zwiększenie, na przykład przez zastosowanie systemu Dopplera.

Zakład Zdjęć Geologicznych Niżu  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Instytut Geodezji i Kartografii  
Warszawa, ul. Jasna 2/4

Nadesłano dnia 3 listopada 1975 r.

## PIŚMIENNICTWO

- BUNCE E. T. (1969) — Seismic refraction measurements in the Baltic Sea. Geophysical Prospecting, **17**, p. 28—35, nr 1. Hague.
- DADLEZ R. (1974) — Some geological problems of the Southern Baltic Basin. Acta geol. pol., **24**, p. 261—276, nr 1. Warszawa.
- DĄBROWSKI A. (1957) — Budowa głębszego podłoża Polski zachodniej w świetle wyników badań geofizycznych. Kwart. geol., **1**, p. 31—39, nr 1. Warszawa.
- DĄBROWSKI A., KARACZUN K. (1956) — Morfologia podłoża prekambryjskiego w północno-wschodniej Polsce. Prz. geol., **4**, p. 341—344, nr 8. Warszawa.
- DĄBROWSKI A., KARACZUN K. (1958) — Mapa magnetyczna Polski 1 : 2 000 000. Biul. Inst. Geol., **137**. Warszawa.
- KOZERA A. (1970) — Geofizyka. Cz. 2. Grawimetria i magnetometria. Wyd. Geol. Warszawa.
- POULSEN Ch. (1960) — The palaeozoic of Bornholm. Guide to excursions nos. A 46 and C 41. International Geological Congress XXI Session Norden 1960. Copenhagen.
- SKAŁY PLATFORMY PREKAMBRYJSKIEJ W POLSCE. Cz. 1. Podłoże krystaliczne. Praca zbiorowa. Pr. Inst. Geol., **68**. Warszawa.
- SKORUPA J. (1974) — Mapa sejsmiczna Polski 1 : 500 000. Wyniki regionalnych prac refrakcyjnych, prowadzonych w związku z rozpoznaniem głębokiego podłoża. Inst. Geol. Warszawa.
- UHRYNOWSKI A. (1971) — Pomiarы magnetyczne na Bałtyku. Prz. geodez., nr 6, p. 223—224. Warszawa.
- ГОЛУБ Д. П., СИДОРОВ И. С. (1971) — Строение поверхности докембрийского фундамента Балтийского моря (по данным магнитных съёмок Е/С „Заря”). Океанология, **9**, стр. 239—244, № 2. Москва
- ИВАНОВ М. М. (1966) — Магнитная съёмка океанов. Геомagnetизм, **7**. Москва.

Адам ДОМБРОВСКИ, Анджей УХРЫНОВСКИ

**СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ  
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В СВЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ  
1971—1972 ГОДОВ**

Резюме

В 1971—1972 годах в результате совместных работ Института геодезии и картографии в Варшаве и Ленинградского отделения Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии Наук СССР проведена магнитная съёмка в южной части Балтийского моря, в поясе прибрежных вод шириной 50 морских миль, от Поморского залива до Гданьского залива. В статье рассмотрены объём и методика измерений, проблемы навигации, применение девиационной и вариационной поправок, а также методика обработки результатов. Результаты исследований, представленные в частности в виде изолиний ано-

малии составляющей  $Z$  напряжения магнитного поля Земли были использованы для анализа магнитной картины юга Балтийского моря, а также для его геологической интерпретации. По методу касательных рассчитаны глубины залегания кровли магнитоактивного фундамента, соответствующей кровле кристаллического фундамента. Эти глубины использовались в свою очередь для составления карты изогипс этой кровли (фиг. 1). Она согласуется с результатами исследований методом преломленных волн, выполненных как на рассматриваемой площади Балтийского моря, так и на прилегающей суше, а также с результатами интерпретации Д. П. Голуба и И. С. Сидорова (1971). На этой карте в кровле кристаллического фундамента отмечены границы залегания гранитоидов, метаморфических и магматических пород, соответствующих отдельным типам локальных магнитных аномалий.

Границы выделены по методу, применявшемуся К. Карачуном, С. Кубицким и В. Рыка для сухопутной территории Польши. Установлено, что рассмотренная магнитная съемка южной части Балтийского моря дала возможность не только зарегистрировать все аномальные элементы, а также получить ценные данные о строении кристаллического фундамента. Для более детального уточнения отдельных аномалий в будущем следует произвести гораздо более детальную съемку с применением аппаратуры, позволяющей более точно локализовать производимые измерения.

---

Adam DAŃBROWSKI, Andrzej UHRYNOWSKI

## STRUCTURE OF THE CRYSTALLINE BASEMENT OF THE SOUTHERN BALTIC IN THE LIGHT OF THE RESULTS OF MAGNETIC SURVEY FROM 1971—1972

### Summary

In 1971—1972 magnetic measurements were made in a belt of waters measuring 50 sea miles in width and stretching along the southern coast of the Baltic Sea from the Pomeranian Bay to the Bay of Gdańsk. This was a common project of the Institute of Geodesy and Cartography in Warsaw and of the Leningrad Branch of the Institute of Earth Magnetism, Ionosphere and Propagation of Radio Waves at the Academy of Sciences of the USSR. In the present article, the authors discuss the extent and methods of magnetic measurements, problems of navigation, the use of deviation and variation corrections and the methods by means of which the results have been analysed. The results of the survey, presented — among others — in the form of contour lines of anomalies of component  $Z$  of the intensity of the magnetic field of the Earth, have been used for an analysis of the magnetic picture of the southern part of the Baltic Sea and for its geological interpretation. The depth of the top of the magnetically active basement, corresponding to the top of the crystalline basement, was calculated by means of the tangent method. On this basis a map showing the contour lines of the top of the basement was made

(Fig. 1). This map corresponds to the results of refraction measurements made in this part of the Baltic and in the adjacent coastal areas; it also corresponds to the results of studies by D. P. Golub and Y. S. Sidorov (1971). The map also shows the range of granitoids, metamorphic rocks and igneous rocks in the top of the crystalline basement. The range of these rocks, corresponding to the particular types of local magnetic anomalies, was determined by means of the method used by K. Karaczun, S. Kubicki and W. Ryka in the land areas of Poland. The authors find that as a result of the magnetic survey of the southern part of the Baltic all anomalous elements of the magnetic picture were recorded and some valuable data on the structure of the crystalline basement have also been obtained. A more detailed magnetic survey should be made in the future so that particular magnetic anomalies can be more precisely determined. The kind of apparatuses needed for this purpose should enable the scientists to locate more precisely the particular points of measurements.