

Andrzej GROBELNY

## Interpretacja grawimetrycznej anomalii Tajno

### WSTĘP

Wszelkiego rodzaju ilościowa interpretacja materiałów geofizycznych wywołuje bardzo często kontrowersyjne dyskusje między ludźmi zajmującymi się interpretacją i tymi, którzy wyniki tej interpretacji wykorzystują do celów praktycznych. Powodem dyskusji są ostateczne wyniki obliczeń. Rezultaty obliczeń są ściśle zależne od zaobserwowanych na powierzchni ziemi i zarejestrowanych specjalną aparaturą zjawisk fizycznych. Każda mapa anomalii geofizycznych jest w zasadzie zbiorem informacji o określonych zjawiskach fizycznych, funkcyjnie związanych z geologicznymi strukturami.

Mapa anomalii grawimetrycznych jest funkcją rozkładu gęstości mas skalnych zalegających różne poziomy stratygraficzne i przedstawia sumę efektów pochodzących od różnego rodzaju struktur geologicznych występujących w danym obszarze. Z tego względu problem interpretacji w każdym przypadku wymaga wielu informacji z zakresu fizycznych właściwości skał, a także wielu wiadomości z zakresu budowy geologicznej rozpatrywanego obszaru. Każda interpretacja pozbawiona tych danych z reguły musi być błędna. Rozwiązanie problemu zależy w dużym stopniu od stanu znajomości geologii, fizycznych własności skał oraz wyników uzyskanych innymi metodami geofizycznymi. Jeśli informacje dotyczące wyjściowych danych geologicznych lub fizycznych przyjęte do obliczeń będą błędne, zadanie nie zostanie rozwiązane poprawnie, chociażby dokładność pomiarów grawimetrycznych oraz obliczeń była przeprowadzona z wysoką precyzją. Aby lepiej zrozumieć sens problemów związanych z interpretacją, należy zdawać sobie sprawę, że istnieją struktury mniej lub bardziej trudne do odkrycia za pomocą geofizyki, a niekiedy istnieją tak skomplikowane warunki geologiczne, w których metody geofizyczne zawodzą. Każda zdecydowanie ostra anomalia występująca w obrazie geofizycznym rodzi pytanie związane z przyczyną powstania tego zaburzenia. Możliwość odpowiedzi jest nieskończenie wiele, a zadaniem interpretatora jest odpowiedzieć te zredukować do niewielu, i to najbardziej prawdopodobnych. Skutecznym sposobem redukcowania odpowiedzi do kilku jest konieczność poznania w każdym analizowanym przypadku warunków geologicznych badanego obszaru. Im lepiej poznana jest geologia, tym lepsza jest możliwość grawimetrycznej interpretacji. Wiadomo,

że nieskończona ilość rozwiązań nie odpowiada w rzeczywistości nieskończonej ilości struktur geologicznych. Zaburzenie rej. Tajna było w 1964 r. przedmiotem interpretacji zarówno grawimetrycznej, jak i magnetycznej.

Interpretację grawimetryczną (J. Wasiak, H. Kurbiel, K. Zalewska, 1964) przeprowadzono w oparciu o mapę anomalii resztkowych ( $r = 2240$  m). Przyjmując kulę jako ciało zaburzające oraz odpowiednie kontrasty gęstości, otrzymano następujące wyniki:

$\Delta\sigma$	$h$	R
0,4	430	1020
0,5	505	945
0,6	580	890
0,7	605	845

Ilościową interpretację magnetyczną przeprowadzono kilkoma sposobami, uzyskując następujące głębokości do stropu ciała zaburzającego: metodą L. J. Petersa — 500 m, metodą A. A. Łogaczewa — 530 m. Przy zastosowaniu metody biegunowej uzyskano krzywą teoretyczną najbardziej zbliżoną do rzeczywistej, przy założeniu trzech biegunów na głęb. 550 m. Szerokość ciała zaburzającego obliczona metodą W. N. Strachowa wynosi 1500 m, przy zastosowaniu zaś metody S. W. Szałajewa szerokość ta jest równa 1600 m.

#### PRZYJĘTA METODA INTERPRETACJI ORAZ WYNIKI

Kompleks osadowy pokrywy platformowej w rejonie anomalii Tajno wykazuje zaleganie poziome. Poszczególne ogniwa stratygraficzno-litologiczne na podstawie wykonanych wierceń (B. Gaczyński, B. Szymański, 1967) nie wykazują wyraźnego zróżnicowania, a miąższości ich wahają się dla osadów:

czwartorzędu	117,5—125,0 m
trzeciorzęd	18,0— 30,5 m
dano-paleocenu	69,0— 75,5 m
krety górnej (mastrycht-turon)	69,0— 75,5 m
krety środkowej (cenoman-alb)	123,0—130,0 m
jury górnej (sekwan-okxford)	85,0—104,0 m
jury środkowej (baton-kelowej)	67,5— 84,5 m
triasu	5,0— 11,8 m

W otworze Tajno 2 nie stwierdzono triasu, osady jury środkowej leżą tu bezpośrednio na skałach krystalicznych prekambriu. Pięć otworów odwierconych na anomalii Tajna wykazuje, iż strop prekambryjskiego podłoża krystalicznego leży na głębokości ok. 600 m.

Otwór wiertniczy	Strop podłoża	Końcowa głębokość
	w m	w m
Tajno 1	600,0	1200
Tajno 2	598,5	819,3
Tajno 3	591,8	1300
Tajno 5	601,3	849,3
Tajno 6	586,5	1200,2

Dla wszystkich otworów z rejonu Tajna wykonano pomiary ciężarów objętościowych skał. Model gęstościowy dla ciała anomalno-twórczego Tajno można przyjąć jako zróżnicowany kompleks intruzywny, zbudowany w 75% z piroksenitów, których ciężar objętościowy wynosi 3,38 G/cm<sup>3</sup>. Do drugiej fazy należy zaliczyć alkaliczne sjenity nefelinowe, które omawiany intruzyw budują w ponad 20%; ciężar objętościowy tej fazy wynosi 3,01 G/cm<sup>3</sup>. Pozostałe skały to różnego rodzaju utwory żyłowe o średnim ciężarze objętościowym równym 2,75 G/cm<sup>3</sup>. Z powyższych założeń wynika, iż średnia wartość ciężaru objętościowego dla skał intruzywu wynosi 3,27 G/cm<sup>3</sup>. Ponieważ procentowe zawartości piroksenitów, jak również sjenitów nefelinowych nie są ściśle określone, niniejszą interpretację oparto na nieco innej wartości średniej ciężarów objętościowych skał intruzywu. Dla poszczególnych otworów z rejonu Tajna są określone ciężary objętościowe skał podłoża (R. Blus, 1966), one to były podstawą do wyliczenia średniej wartości dla intruzywu, która jest równa 3,14 G/cm<sup>3</sup>. Należy nadmienić, iż nawiercone w otworach Tajno 1, 2, 3, 6 skały podłoża krystalicznego posiadają ciężary objętościowe zawarte w granicach 2,96—3,36 G/cm<sup>3</sup>. Osłonę intruzywu Tajno stanowią granitoidy, których średnia wartość ciężarów objętościowych = 2,70 G/cm<sup>3</sup>. Przyjmując powyższe założenia dla przeprowadzonej interpretacji, ustalono kontrast gęstości między osłoną a intruzywem równy 0,44 G/cm<sup>3</sup>.

Do interpretacji przyjęto metodę pozwalającą w sposób przybliżony określić na podstawie anomalii i danego kontrastu gęstości maksymalną głębokość zalegania ciała zaburzającego oraz jego zasięg powierzchniowy. Metoda ta została opracowana przez D. C. Skeelsa (1963). Praktyczne stosowanie tej metody jest ograniczone i odnosi się jedynie do anomalii typu wydłużonych elips, które modelują się za pomocą dwuwymiarowego prostopadłościanu oraz do anomalii kolistych, modelowanych za pomocą pionowego walca. Interpretację przeprowadza się na anomaljach wydzielonych z tła regionalnego i uwolnionych od innych ubocznych efektów. Za anomalie koliste uważa się obraz koncentrycznych izolinii, w których stosunek długości do szerokości zaburzenia nie przekracza 1,5; jeżeli stosunek ten przekracza 2,5; traktujemy je jako eliptyczne. W przypadku gdy stosunek zawiera się w granicach 1,5—2,5 do obliczeń przyjmuje się nomogramy obydwu typów, a uzyskiwane wyniki podlegają uśrednieniu.

Omawianą interpretację przeprowadzono w oparciu o mapę anomalii resztkowych Griffina ( $s = 500$ ;  $r = 2s\sqrt{5}$ ). Poprzez anomalie Tajno poprowadzono cztery linie rozłożone symetrycznie względem siebie (fig. 1), wzdłuż tych kierunków wykonano przekroje grawimetryczne, które poddano interpretacji. Cała operacja przeliczeń oparta jest na kombinacji współczynników  $F$  i  $M$  określonych dla interpretowanej anomalii.

Dalszy tok postępowania polega na wyznaczeniu z odpowiednich nomogramów zależności  $\frac{W}{D_2}$ ;  $\frac{D_1}{D_2}$ ;  $N$ . Wyniki interpretacji dla poszczególnych przekrojów grawimetrycznych są następujące:

	$D_1$	$D_2$	$W$
Przekrój A—B			
strona lewa	826	1424	2421
strona prawa	689	1406	1350
Przekrój C—D			
strona lewa	576	1280	1280
strona prawa	600	1250	2125
Przekrój E—F			
strona lewa	550	1222	1464
strona prawa	588	1251	2252
Przekrój G—H			
strona lewa	580	1261	1891
strona prawa	588	1089	2722

$D_1$  — głębokość do stropu ciała zaburzającego w metrach;  $D_2$  — głębokość do spągu ciała zaburzającego w metrach;  $W$  — szerokość ciała zaburzającego w metrach.

Otrzymane z interpretacji graniczne wartości dla stropu intruzywu wynoszą: 550 m — 826 m. Odrzucając wartość 826 m jako znacznie odbiegającą od pozostałych, zakres wyinterpretowanych skrajnych wartości dla stropu intruzywu ulegnie zmniejszeniu i wyniesie 550 m — 689 m. Stwierdzić należy, iż w przedziale ograniczonym powyższymi wartościami wszystkie otwory z rejonu Tajna nawierciły podłoże. Zakres określonych wierceniami głębokości dla podłoża wynosi 586,5—601,3 m. Spąg intruzywu nie został potwierdzony żadnym wierceniem, pomimo że w otworze Tajno 3 osiągnięto głębokość 1300 m. Wyinterpretowane wartości dla spągu wahają się w granicach 1089 m — 1424 m. Interpretacja metodą Skeelsa stwarza możliwości określenia powierzchniowego zasięgu intruzji, zasięg ten przedstawiono na fig. 1. Z danych geologicznych wiadomo, iż w otworze Tajno 5 nawiercono granitoidy stanowiące osłonę intruzywu, w otworze zaś Tajno 6 przeobrażony piroksenit, co świadczyłoby, iż otwór zlokalizowano w strefie granicznej intruzywu. Jedyne otwór Tajno 2 stanowi zagadkę, która komplikuje całą interpretację, gdyż otrzymane na podstawie obliczeń dane świadczą o tym, że otwór ten znajduje się w odległości ok. 1 km poza zasięgiem intruzji, co jest sprzeczne z wynikami uzyskanymi z otworu Tajno 2. Jak wiadomo, w otworze tym stwierdzono w podłożu sjenity melanokratyczne, a skały tego typu zalicza się do kompleksu intruzywnego.

Należy zdawać sobie sprawę, iż wszelka interpretacja ilościowa oparta jest w zasadzie na uproszczonych modelach ciał zaburzających i z tego powodu krytyczne podejście do uzyskanych wyników jest usprawiedliwione. W konkretnym przypadku przyjęty model pionowego walca w rzeczywistości może odpowiadać zgoła innej formie ciała wywołującego zaburzenie. Prawdopodobnie jest to rozległa pionowa szczelina w granitoidach o kształtach nieregularnych. Szczelina ta wypełniona jest bardzo zróżnicowanym petrograficznie kompleksem intruzywnym, nie wykluczone, że tworzy ją kilka przecinających się systemów dyslokacyjnych. Zasięg powierzchniowy stropu intruzji nie musi odpowiadać horyzontalnemu zasięgowi w jej głębszych partiach i to, być może, jest przyczyną pozornej sprzeczności wyników przeprowadzonej interpretacji z wynikami

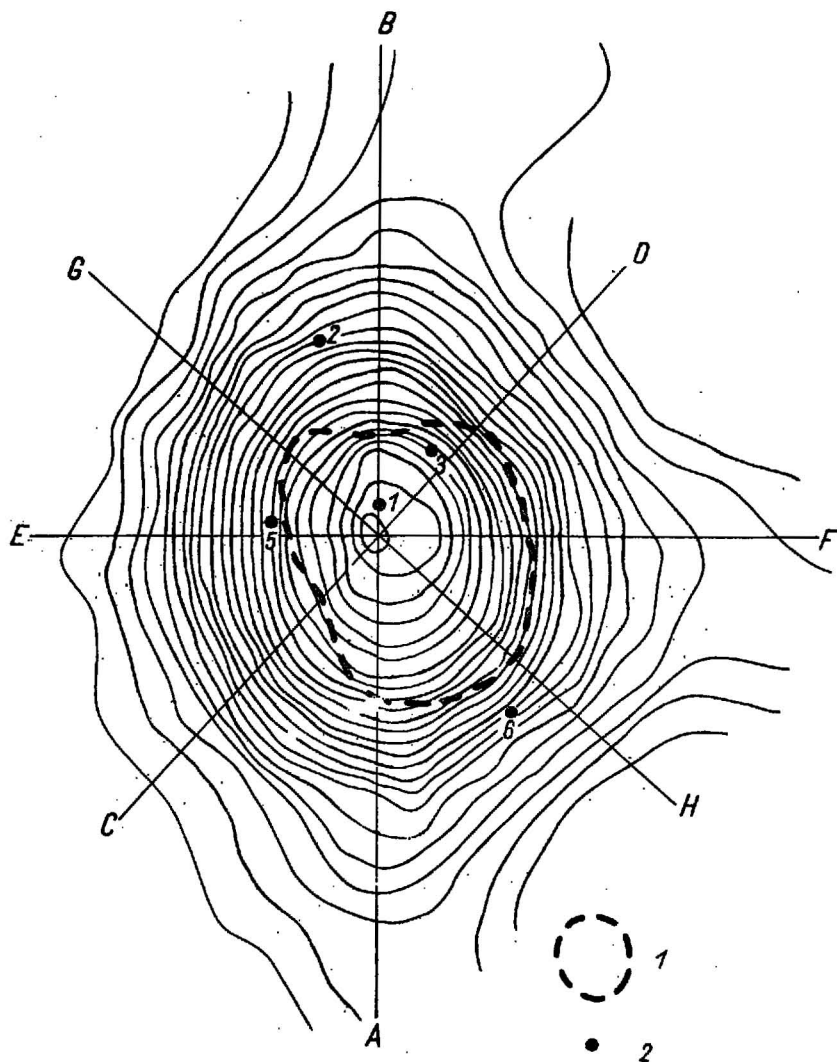


Fig. 1. Powierzchniowy zasięg intruzji opracowany na podstawie anomalii resztkowej wg Griffina ( $S = 500$ ,  $r = 2S\sqrt{5} = 2240$ )

Surface extent of intrusions worked out on the basis of residual anomaly according to Griffin ( $S = 500$ ,  $r = 2S\sqrt{5} = 2240$ )

1 — wyinterpretowana granica zasięgu intruzji; 2 — otwór wiertniczy; A—B, C—D, E—F, G—H — kierunki, wzdłuż których wykonano przekroje grawimetryczne

1 — interpreted boundary of the extent of intrusions, 2 — bore hole, A—B, C—D, E—F, G—H — directions, along which gravimetric profiles have been executed

uzyskanymi z otworu Tajno 2 oraz częściowo z otworu Tajno 6, tym bardziej, iż otwór Tajno 2 osiągnął głębokość 819 m.

Lokalizacja pozostałych otworów z rejonu Tajna potwierdza całkowicie wyinterpretowane granice powierzchniowego zasięgu intruzji. Być

może, zasięg powierzchniowy ciała zaburzającego (fig. 1) wyznacza „pień” piroksenitowy względnie „pień” o zdecydowanej przewodzie piroksenitów nad pozostałymi kompleksami skalnymi. Skały nawiercone w otworze Tajno 2 (wg przeprowadzonej interpretacji otw. Tajno 2 znajduje się poza zasięgiem intruzji) reprezentują młodszą fazę intruzywną, która w zasadzie wykorzystuje systemy mniejszych szczelin w podłożu. Nie wykluczone, że główna strefa systemu szczelin ciągnie się wąskim pasmem od zaburzenia Tajno w kierunku północnym. Powyższe sugestie mają swe potwierdzenie w obrazie magnetycznym.

Zakład Geofizyki  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 29 kwietnia 1972 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BLUS R. (1966) — Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- GACZYŃSKI B., SZYMAŃSKI B. (1967) — Badania anomalii „Tajna” Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- SKEELS D. C. (1963) — An Approximate Solution of the Problem of Maximum Depth in Gravity Interpretation. *Geophysics*, 28, p. 724—735, nr 5.
- WASIAK J., KURBIEL H., ZALEWSKA K. (1964) — Dokumentacja późniejszych badań magnetyczno-grawimetrycznych Ełk—Augustów—Rudka Stara—Tajno. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.

Андрей ГРОБЕЛЬНЫ

#### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ ТАЙНО

##### Резюме

Интерпретация произведена методом, разработанным Д.Ц. Скельском. Пироксенитовая интрузия „Тайно” окружена гранитоидами, средняя величина объемного веса которых составляет  $2,70 \text{ Г/см}^3$ .

Интрузия состоит из дифференцированного комплекса пород, для которого установлена средняя величина объемного веса, равняющаяся  $3,14 \text{ Г/см}^3$ . Опираясь на вышеприведенные данные, для вычисления принят контраст плотности пород, равный  $0,44 \text{ Г/см}^3$ . В ре-

зультате проведенной интерпретации получены следующие результаты для отдельных гравиметрических профилей:

	$D_1$	$D_2$	$W$
Профиль А—В			
левая сторона	826	1424	2421
правая сторона	689	1406	1350
Профиль С—D			
левая сторона	576	1280	1280
правая сторона	600	1250	2125
Профиль Е—F			
левая сторона	550	1222	1464
правая сторона	588	1251	2252
Профиль G—H			
левая сторона	580	1261	1891
правая сторона	588	1089	2722

Где:  $D_1$  — глубина до кровли возмущающего тела в метрах;  $D_2$  — глубина до подошвы возмущающего тела в метрах;  $W$  — ширина возмущающего тела в метрах.

Интерпретация методом Скеельса дает возможность определить поверхностную границу распространения интрузии, эта граница показана на фиг. 1. Результаты, полученные в скважинах Тайно 1, Тайно 3, Тайно 5, полностью подтверждают положение проинтерпретированной границы распространения интрузии. В скважине Тайно 6 встречен преобразованный пироксенит, что могло бы свидетельствовать о периферийной зоне интрузии. Результаты, полученные в скважине Тайно 2, противоречат проведенной интерпретации, возможно, что это кажущееся противоречие, так как меланократовые сиениты, встреченные в скважине Тайно 2, представляют собой младшую фазу интрузии, которая в сущности использует системы меньших трещин в фундаменте. Не исключено, что главная зона системы трещин тянется узкой полосой от интрузии Тайно на север.

Andrzej GROBELNY

## INTERPRETATION OF GRAVIMETRIC ANOMALY TAJNO

### Summary

The interpretation has been made by a method worked out by D. C. Skeels. The pyroxenite intrusive body Tajno occurs in the granitoid mantle, where the average value of bulk density amounts to 2,70 G/cm<sup>3</sup>. The intrusive body is built up of a differentiated rock complex characterized by an average value of its bulk density equal to 3,14 G/cm<sup>3</sup>. Based on these assumptions the author has considered in his calculation a contrast of the density of rocks equal to 0,44 G/cm<sup>3</sup>.

As a result of the interpretation the following data have been obtained for the individual gravimetric sections:

	$D_1$	$D_2$	$W$
Section A—B			
left side	828	1424	2421
right side	689	1406	1350
Section C—D			
left side	576	1280	1280
right side	600	1250	2125
Section E—F			
left side	550	1222	1464
right side	588	1251	2252
Section G—H			
left side	580	1261	1891
right side	588	1089	2722

Where:  $D_1$  — depth down to the top of the disturbing body in metres;  $D_2$  — depth down to the bottom of the disturbing body in metres;  $W$  — width of the disturbing body in metres.

The interpretation made according to Skeels method creates a possibility to determine the surface extent of the intrusion. This extent has been presented in Fig. 1.

The results obtained from bore holes Tajno 1, Tajno 3, and Tajno 5 corroborate the interpreted boundary of the intrusion. The bore hole Tajno 6 pierced the altered pyroxenite which proves the existence of a peripheric zone of the intrusive body. The results obtained in bore hole Tajno 2 are contradictory to the interpretation performed, this, however, can be an apparent contradiction only, since the melanocratic syenites pierced in bore hole Tajno 2 represent the younger intrusive phase, which, in principle, uses the systems of fine fissures in the basement. It is not unlikely that the main zone of the fissure system runs, in the form of a narrow strip, from the Tajno anomaly northwards.