

Modelowanie grawimetryczne i magnetyczne wzdłuż profilu LT-7

Zdzisław Petecki*

Gravity and magnetic modelling along the seismic LT-7 Profile. Prz. Geol., 50: 630–633.

Summary. Simultaneous gravity and magnetic data modelling has been performed along refraction and wide-angle reflection profile LT-7 crossing the Trans-European Suture Zone in NW Poland. The gravity modelling indicates the crust structure is more complicated than revealed by velocity model. Gravity data indicate the presence of a high density body in the upper crust, and a complex transition zone between crust and upper mantle occurring in the Trans-European Suture Zone. Magnetic data SW of the Teisseyre-Tornquist Line has been interpreted in terms of complex contact reversely magnetized lower crust of Palaeozoic Platform and normally magnetized lower crustal block occurring in the Trans-European Suture Zone. On the basis of magnetic and gravity modelling this contact dips to NE. It may indicate a suture formed due to the Caledonian collision of Eastern Avalonia and Baltica with the presumed participation of an additional crustal block of an unclear provenance. The latter may represent a wedge of the EEC crust indenting the Palaeozoic Platform crust (Eastern Avalonia?). However, this could possibly be a crust of a proximal or exotic terrane or an island arc crust.

Key words: NW Poland, Trans-European Suture Zone, LT-7 profile, gravity modelling, magnetic modelling

W artykule przedstawiono wyniki modelowania grawimetrycznego i magnetycznego wzdłuż refrakcyjnego i szerokokątowego refleksyjnego profilu LT-7 (Guterch i in., 1994). Celem modelowania było zbadanie struktury skorupy Ziemi i górnego płaszczca w strefie kontaktu platformy paleozoicznej i kratonu wschodnioeuropejskiego.

Modelowany przekrój skorupy i górnego płaszczca Ziemi obejmuje polską część profilu LT-7, wzdłuż linii Kostrzyń-Lębork. Został on zinterpretowany przy użyciu programu GM-SYSTM, który umożliwia obliczanie dwuwymiarowych efektów grawitacyjnych i magnetycznych, pochodzących od ciał o rozciągłości prostopadłej lub skośnej do kierunku profilu. Modelowane ciała mają w przekroju poprzecznym kształt wielokąta oraz mogą być ograniczone w kierunku prostopadłym do profilu. Program pozwala zarówno na modelowanie proste, polegające na interaktywnej zmianie kształtów i parametrów fizycznych ciał zaburzających i porównanie krzywej obliczonej z krzywą pomiarową, jak i modelowanie odwrotne, polegające na automatycznym doborze parametrów ciał w taki sposób, żeby dane pomiarowe i obliczone były możliwie najlepiej dopasowane.

Profil LT-7 biegnie przez trzy jednostki strukturalne: platformę paleozoiczną, strefę Teisseyre'a-Tornquista i zachodnią krawędź kratonu wschodnioeuropejskiego (Guterch i in., 1994). Przecina ona transeuropejską strefę szwową (TESZ), która rozdziela obszary Europy o różnym charakterze i ewolucji litosfery (Pharaoh i in., 1996). Głębokie badania sejsmiczne (Guterch i in., 1986, 1994, 1999; Grad, 1999; Janik i in., 2000; Jensen i in., 1999; Środa i in., 1999) wykazały, że rejon ten charakteryzuje się anomalną budową skorupy i górnego płaszczca. Dwuwymiarowe modelowanie prędkości wzdłuż profilu LT-7 (Guterch i in., 1994) wykazało po raz pierwszy, że pod platformą paleozoiczną i w strefie Teisseyre'a-Tornquista górna skorupa do ok. 20 km ma anomalnie niskie prędkości (mniejsze niż 6,0 km/s). Natomiast dolna skorupa (między 20 a 30–35 km) składa się z dwóch warstw o prędkościach 6,5 km/s i 7,15–7,25 km/s i ma największą miąższość, ok. 15 km, w strefie Teisseyre'a-Tornquista. Głębokość do granicy Moho zmienia się od 31 km pod platformą paleozoiczną do 35 km w strefie T-T, gdzie prędkość poniżej tej

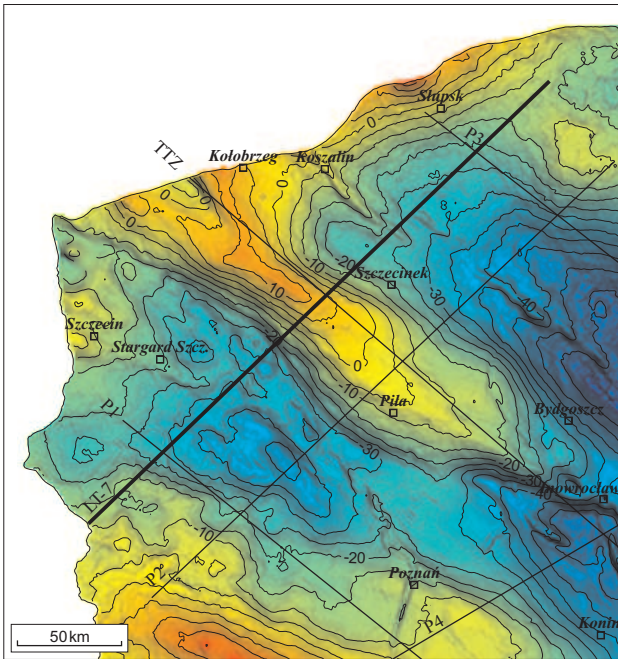
granicy wynosi 8,26 km/s. Na platformie prekambryjskiej skorupę krystaliczną budują trzy warstwy o prędkościach 6,2–6,3 km/s, 6,5–6,6 km/s i 7,0–7,15 km/s, a głębokość do granicy Moho wynosi ok. 42 km. Prędkość fal sejsmicznych pod granicą Moho wzrasta do 8,33 km/s. To zróżnicowanie budowy skorupy i górnego płaszczca po obydwu stronach strefy TESZ, jak i w jej obrębie, obserwowane wzdłuż profilu LT-7 znajduje swoje odbicie w rejestrowanych anomaliach grawimetrycznych i magnetycznych. Określenie przybliżonego położenia i rozmiarów źródeł tych anomali jest istotne dla lepszego poznania budowy strefy TESZ i jej ewolucji.

Modelowanie grawimetryczne i magnetyczne wzdłuż profilu LT-7

Mapa anomali grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie analizowanego profilu LT-7 jest przedstawiona na ryc. 1. Na terytorium Polski profil przecina następujące jednostki grawimetryczne (Królikowski & Petecki, 1995): niż szczeciński, wyż pomorski i NE krawędź niżu pomorskiego. Niż szczeciński występuje na platformie paleozoicznej, wyż pomorski odpowiada w przybliżeniu strefie Teisseyre'a-Tornquista, a niż pomorski to obszar kratonu wschodnioeuropejskiego. Krzywą grawimetryczną wzdłuż profilu LT-7 skonstruowano w oparciu o mapę anomali grawimetrycznych od podłoża cechsztynu (tzw. anomali różnicowych) uzyskaną w wyniku zastosowania metody trójwymiarowego strippingu w obszarze nadbałtyckim strefy TESZ (Królikowski i in., 2001), uzupełnioną w początkowej i końcowej części profilu o starszą wersję podobnej mapy (Królikowski i in., 1986). Trzeba podkreślić, że krzywa grawimetryczna wykorzystana w modelowaniu grawimetrycznym, chociaż przedstawia anomalie od podłoża cechsztynu, dobrze ilustruje wyżej wymieniony podział na jednostki grawimetryczne (Królikowski i in., 2001).

Pole magnetyczne wzdłuż profilu LT-7 jest mniej zróżnicowane (ryc. 2). Można tutaj wyróżnić dwie charakterystyczne domeny pola magnetycznego NW Polski. Rozległe minimum magnetyczne, o wartościach pola około -60 nT i małym wewnętrznym zróżnicowaniem, występuje w południowo-zachodniej części profilu. Od północnego-wschodu ten niż magnetyczny ograniczony jest wyraźną strefą gradientową, która przebiega wzdłuż linii Szczecin-Stargard Szcz.-Piła. Na NE od tej granicy, w obszarze TESZ, zmie-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



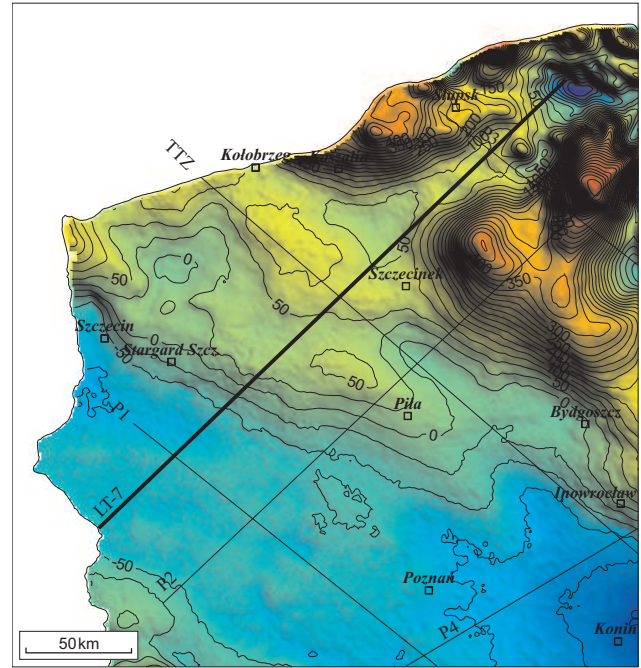
Ryc. 1. Położenie profilu LT-7 na tle mapy anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera. Izolinie co 5 mGal. Oznaczenia: LT-7, TTZ, P1, P2, P3, P4 — profile sejsmiczne refrakcyjne/szerokokątowe refleksyjne

Fig. 1. Location of the LT-7 profile on the background of the Bouguer anomaly. Contour interval is 5 mGal. Abbreviations: LT-7, TTZ, P1, P2, P3, P4 — reflection/wide-angle reflection seismic profiles

nia się charakter pola magnetycznego. Obserwowane tutaj wartości pola wzrastają do około 40–60 nT. Anomalie magnetyczne w obszarze kratonu wschodnioeuropejskiego, ze względu na wyjątkowo złą lokalizację profilu LT-7 w stosunku do źródeł pola magnetycznego (ryc. 2), nie reprezentują charakterystycznego układu anomalii w tym rejonie i nie będą przedmiotem szczegółowego modelowania.

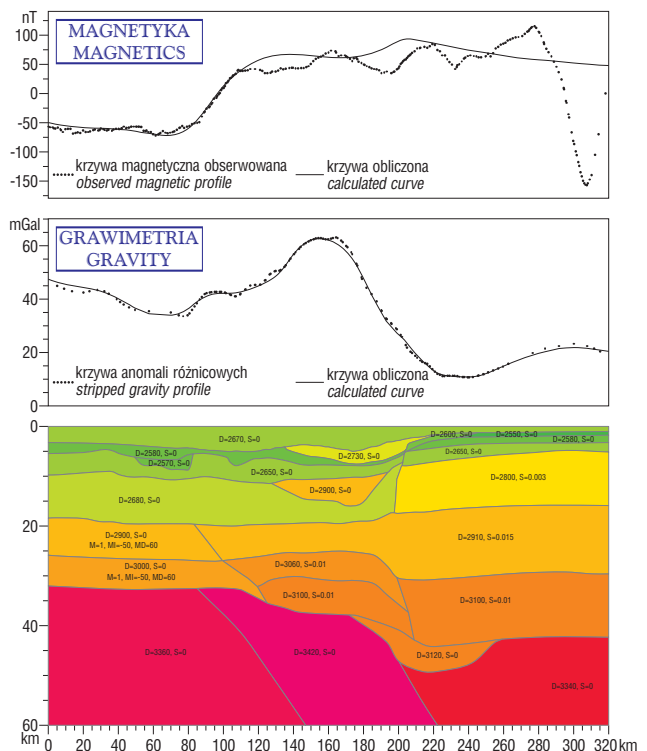
Ponieważ do modelowania grawimetrycznego wykorzystano anomalie od podłoża cechsztynu, w modelu strukturalno-gęstościowym ośrodka pokrywa osadowa sięgająca do spągu cechsztynu została zastąpiona jednym ciałem o gęstości 2670 kg/m³. Podstawę do konstrukcji wstępnego modelu strukturalno-gęstościowego głębszych partii skorupy oraz górnego płaszcza Ziemi stanowił model prędkościowy wzdłuż profilu LT-7 (Guterch i in., 1994). Dane definiujące położenie granic sejsmicznych zostały przekonwertowane w system plików opisujących układ bloków, który tworzy model strukturalny ośrodka w programie GM-SYSTM. Prędkości w wydzielonych blokach skorupy i płaszcza Ziemi zostały uśrednione i przeliczone na gęstości na podstawie relacji wiążącej gęstość z prędkością (Christensen & Mooney, 1995). Modelowaniem objęto podcechsztyńską część skorupy i górny płaszcz do głębokości 60 km.

O ile prędkość fali sejsmicznej jest funkcją gęstości ośrodka, co ułatwia budowanie wstępnego modelu strukturalno-gęstościowego wzdłuż profilu sejsmicznego, to w przypadku danych magnetycznych, szczególnie w regionalnym aspekcie, trzeba oprzeć się na innych kryteriach. Modelowanie magnetyczne bazowało na kilku założeniach, które ułatwiły wybór początkowego modelu jaki i dalszy proces modelowania. W rejonie platformy paleozo-



Ryc. 2. Położenie profilu LT-7 na tle mapy anomalii natężenia całkowitego pola magnetycznego. Izolinie co 25 nT; objaśnienia przy ryc. 1

Fig. 2. Location of the LT-7 profile on the total intensity magnetic anomaly map. Contour interval is 25 nT; explanations as given in Fig. 1



Ryc. 3. Modelowanie grawimetryczne i magnetyczne wzdłuż profilu sejsmicznego LT-7; D — gęstość w kg/m³, S — podatność magnetyczna w jednostkach SI, M — namagnesowanie resztkowe w A/m, MI — inklinacja resztkowa w stopniach, MD — deklinacja resztkowa w stopniach

Fig. 3. Gravity and magnetic modelling along seismic profile LT-7; D — density in kg/m³, S — magnetic susceptibility in SI units, M — remanent magnetization in A/m, MI — remanent inclination in degree, MD — remanent declination in degree

icznej i w strefie TESZ średnia głębokość do stropu magnetycznych źródeł, określona na podstawie analizy widma mocy anomalii magnetycznych, wynosi ok. 18.5 km (Petecki, 2001). Taka głębokość w przybliżeniu odpowiada głębokości do stropu skorupy krystalicznej w analizowanym obszarze, jak na to wskazuje model prędkościowy wzdłuż profilu LT-7 (Guterch i in., 1994) i profilu TTZ (Grad i in., 1999). W związku z tym przyjęto, że strop skorupy krystalicznej stanowi górną granicę źródeł magnetycznych w tym rejonie. Z kolei dolna powierzchnia źródeł może być określona na podstawie innych rozważań. Przyjmuje się, że płaszcz pod kontynentami nie zawiera minerałów magnetycznych (Wasilewski i in., 1979). Dlatego w prezentowanym modelu źródła magnetyczne występują do granicy Moho. Namagnesowanie skorupy aż do powierzchni Moho może istnieć w przypadku gdy temperatura na tych głębokościach jest mniejsza od temperatury Curie dla przeważających magnetycznych minerałów występujących w dolnej skorupie. Oczywiście, zmiana miąższości warstwy magnetycznej, spowodowana płytszym położeniem izotermi Curie, wymagałaby zmiany namagnesowania warstwy w celu wyjaśnienia obserwowanych anomalii. Powyższe założenia uzasadniają wykorzystanie do modelowania magnetycznego tego samego wstępnego, modelu strukturalnego ośrodka jaki został utworzony dla potrzeb modelowania grawimetrycznego. Ostatnie założenie dotyczy kierunku namagnesowania źródeł. Przyjęto, że ujemne anomalie magnetyczne obserwowane w SW części profilu są spowodowane przez źródła o dominującym odwrotnym namagnesowaniu.

Proces modelowania prowadzony był jednocześnie dla danych grawimetrycznych i magnetycznych, przyjmując, że źródłem anomalii obydwu pól są te same bloki skorupy. Obliczony efekt grawimetryczny od wstępnego modelu gęstościowego różnił się znacznie od krzywej obserwowanej, co wskazuje na obecność źródeł anomalii grawimetrycznych, które nie są rejestrowane w modelu prędkościowym. Analiza anomalii grawimetrycznych od podłoża cechsztynu w pomorskim segmencie strefy TESZ (Królikowski & Petecki, 1997) wskazuje na dwie przyczyny obserwowanej rozbieżności: zwiększone gęstości górnego płaszcza w strefie Teisseyre'a-Tornquista i występowanie zasadowych intruzji (o dużych gęstościach) w górnej skorupie. Te wnioski, ostatnio potwierdzone badaniami sejsmicznymi wzdłuż profilu TTZ (Grad i in., 1999), zostały uwzględnione w dalszym etapie modelowania grawimetrycznego. Wykorzystane zostały również wyniki interpretacji profili sejsmicznych wykonanych w ramach projektu POLONAISE'97 (Guterch i in., 1999; Janik i in., 2000; Jensen i in., 1999; Środa i in., 1999), które dostarczyły bardziej szczegółowych informacji o budowie litosfery w sąsiedztwie analizowanego rejonu. W szczególności, wstępne wyniki interpretacji profilu P2 (Janik i in., 2000) wskazują na złożoną budowę dolnej skorupy w strefie TESZ. W jej podłożu może występować strefa przejściowa między skorupą i górnym płaszczem Ziemi, która zagłębia się pod skorupę kratonu wschodnioeuropejskiego. Podobna cecha budowy litosfery jest obserwowana na profilu P4 (Guterch i in., 1999; Grad — infor. ustna). W modelu gęstościowym wzdłuż profilu LT-7 wykorzystano te nowe informacje.

W trakcie modelowania zmieniano zarówno gęstości, jak i parametry magnetyczne w poszczególnych blokach oraz przebieg granic strukturalnych, wstępnie określony na podstawie interpretacji sejsmicznej. W tym ostatnim przy-

padku starano się ograniczyć je do niezbędnego minimum. W rezultacie uzyskano model gęstościowy i magnetyczny skorupy i górnego płaszcza, który w swoich zasadniczych rysach jest zbliżony do modelu sejsmicznego.

Wyniki

Rozkład gęstości i własności magnetycznych w skorupie i górnym płaszczu wzdłuż profilu LT-7, uzyskany w wyniku modelowania danych grawimetrycznych i magnetycznych, jest przedstawiony na ryc. 3. Według tego modelu w obszarze platformy paleozoicznej i strefy TESZ podłoże krystaliczne występuje na dużych głębokościach ok. 18–20 km. Leżące powyżej podcechsztyńskie skały osadowe o gęstościach 2580–2740 kg/m³ są niemagnetyczne. Istotnym elementem modelu gęstościowego tego rejonu jest intruzja o wysokiej gęstości (2900 kg/m³), występująca w górnej skorupie strefy TESZ, na głębokości ok. 10 km. Nie znajduje ona odzwierciedlenia w polu magnetycznym. Obecność zasadowych intruzji w górnej skorupie w pomorskim segmencie strefy TESZ była wcześniej postulowana na podstawie interpretacji anomalii grawimetrycznych od podłoża cechsztynu (Królikowski & Petecki, 1997). Choć model prędkościowy wzdłuż profilu LT-7 intruzji nie rejestruje, ostatnio jej występowanie zostało stwierdzone na profilu TTZ, na SE od przecięcia z profilem LT-7 (Grad i in., 1999).

Dolna skorupa w strefie TESZ ma również skomplikowaną budowę. Modelowanie grawimetryczne wskazuje na występowanie strefy przejściowej między skorupą a górnym płaszczem. Maksymalne obniżenie granicy Moho (do ok. 48 km) prawdopodobnie występuje pod krawędzią skorupy platformy prekambryjskiej.

Źródłem ujemnych anomalii magnetycznych obserwowanych w SW części profilu może być odwrotnie namagnesowana skorupa krystaliczna o stropie na średnich głębokościach 18–20 km i parametrach magnetycznych: namagnesowanie resztkowe $M = 1 \text{ A/m}$, inklinacja resztkowa $MI = -50^\circ$, deklinacja resztkowa $DI = 60^\circ$. Obserwowany wzrost poziomu pola magnetycznego, który ma miejsce w strefie TESZ jest związany ze zmianą charakteru magnetycznego skorupy krystalicznej. W strefie TESZ skorupa krystaliczna jest namagnesowana indukcyjnie.

Model gęstościowy krystalicznej skorupy platformy prekambryjskiej wzdłuż analizowanego profilu ma stosunkowo prostą, trójwarstwową budowę, która generalnie odpowiada modelowi sejsmicznemu. Dane magnetyczne w tym rejonie nie były przedmiotem szczegółowego modelowania, ponieważ odzwierciedlają one głównie efekty nakładania się anomalii magnetycznych od źródeł położonych poza linią profilu.

Zróznicowanie gęstości górnego płaszcza jest konieczne do wyjaśnienia długofalowych anomalii grawimetrycznych. Najniższą gęstość (3340 kg/m³) wymodelowano w NE części profilu, w rejonie platformy prekambryjskiej, najwyższą (3420 kg/m³) w strefie TESZ. Natomiast górny płaszcz platformy paleozoicznej ma gęstość 3366 kg/m³. Najnowsze interpretacje głębokich badań sejsmicznych wskazują na duże zróżnicowanie prędkości w górnym płaszczu. Niskie prędkości, ok. 8,1 km/s, występują pod granicą Moho w obszarze platformy prekambryjskiej (Środa i in., 1999). Znacznie wyższe prędkości (8,35–8,4 km/s) cechują górny płaszcz w strefie TESZ (Grad i in., 1999) i pod platformą paleozoiczną (Jensen i in., 1999).

Główne cechy modelu gęstościowego skorupy i górnego płaszczu Ziemi wzdłuż profilu LT-7 (ryc. 3) są podobne do przedstawionych w artykule Królikowskiego i Peteckiego (1997). Obydwa modele wyjaśniają grawimetryczny wyż pomorski w strefie TESZ występowaniem w górnej skorupie intruzji o wysokiej gęstości oraz zwiększoną gęstością górnego płaszczu Ziemi. W modelu przedstawionym w tej pracy intruzja jest położona nieco głębiej i ma zmieniony kształt. Z kolei strefa o wysokich gęstościach w górnym płaszczu jest nachylona ku NE, podczas gdy w poprzednim modelu (Królikowski & Petecki, 1997) jest ona ograniczona pionowymi granicami. Istotna różnica dotyczy struktury dolnej skorupy w strefie TESZ. Najnowszy model (ryc. 3) wskazuje na jej bardziej złożoną budowę oraz możliwość występowania w jej podłożu strefy przejściowej, która zagłębia się pod skorupę kratonu wschodnioeuropejskiego. Zmiana w stosunku do poprzedniego modelu (Królikowski & Petecki, 1997) jest widoczna w charakterze kontaktu dolnej skorupy platformy paleozoicznej z dolną skorupą strefy TESZ. Model przedstawiony na ryc. 3 wskazuje, że nie jest on pionowy lecz nachylony ku NE. Ten wniosek wynika bezpośrednio z uwzględnienia danych magnetycznych w procesie modelowania.

Wnioski

Jednoczesne modelowanie danych grawimetrycznych i magnetycznych wzdłuż profilu LT-7 wykazało, że budowa skorupy i górnego płaszczu wydaje się być znacznie bardziej skomplikowana niż to wynika z modelu prędkościowego. Najbardziej skomplikowaną budowę ma litosfera w strefie TESZ. Modelowanie grawimetryczne wskazuje na obecność w górnej skorupie intruzji o wysokiej gęstości oraz złożonej strefy przejściowej między skorupą a górnym płaszczem, która zagłębia się pod skorupę kratonu wschodnioeuropejskiego. Górny płaszcz w tym rejonie cechują najwyższe gęstości. Magnetyczna strefa gradientowa, która przebiega wzdłuż linii Szczecin–Stargard Szczecin–Piła stanowi granicę między jednostkami skorupowymi o różnym charakterze magnetycznym. Wyniki modelowania magnetycznego sugerują, że odpowiedzialny za regionalny charakter anomalii w tym rejonie jest nachylony ku NE kontakt odwrotnie namagnesowanej dolnej skorupy platformy paleozoicznej z indukcyjnie namagnesowanym blokiem skorupy występującym w strefie TESZ. W połączeniu z modelem gęstościowym można sądzić, że reprezentuje on szew tektoniczny związany z kolizją Wschodniej Avalonii i Baltiki, w której mógł brać udział ‘dodatkowy’ fragment skorupy niewiadomego pochodzenia, obecny teraz w strefie TESZ. Może on reprezentować klin skorupy Baltiki wrzynającej się w skorupę platformy paleozoicznej, skorupę terranu proksymalnego lub egzotycznego, albo skorupę łuku wyspowego.

Wyniki modelowania pól potencjalnych są niejednoznaczne. Dlatego przedstawiony model, musi być traktowany z ostrożnością. Zdaniem autora łączne modelowanie grawimetryczno-magnetyczne pozwoliło na redukcję stopnia niejednoznaczności.

Prace związane z modelowaniem grawimetrycznym i magnetycznym zostały wykonane w ramach działalności statutowej PIG finansowanej przez KBN (temat nr 6.20.1371.00.0) oraz grantu KBN (Projekt badawczy nr 9 T12B 036 14).

Literatura

- CHRISTENSEN N. I. & MOONEY W. D. 1995 — Seismic velocity structure and composition of the continental crust: a global view. *J. Geophys. Res.*, 100: 9761–9788.
- GRAD M., JANIK T., YLINIEMI J., GUTERCH A., LUOSTO U., KOMMINAHO K., ŚRODA P., HÖING K., MAKRIJÄRVI J. & LUND C.-E. 1999 — Crustal structure of the Mid-Polish Trough beneath TTZ seismic profile. *Tectonophysics*, 314: 145–160.
- GUTERCH A., GRAD M., JANIK T., MATERZOK R., LUOSTO U., YLINIEMI J., LÜCK E., SCHULTZE A. & FÖRSTE K. 1994 — Crustal structure of the transition zone between Precambrian and Variscan Europe from new seismic data along LT-7 profile (NW Poland and eastern Germany). *Geophysique/Geophysics, C. R. Acad. Sc.*, 319, II: 1489–1496.
- GUTERCH A., GRAD M., THYBO H., KELLER R. & POLONAISE WORKING GROUP 1999 — POLONAISE '97 — International seismic experiment between Precambrian and Variscan Europe in Poland. *Tectonophysics*, 314: 101–121.
- JANIK T., YLINIEMI J., GRAD M., THYBO H., TIIRA T. AND POLONAISE P2 Working Group 2000 — Crustal differentiation across TESZ along POLONAISE '97 seismic profile P2 in NW Poland. In: Joint Meeting of EUROPROBE (TESZ) and PACE Projects. Zakopane/Holy Cross Mountains, Poland, September 16–23, 2000. Abstracts Volume. Warsaw.
- JENSEN S. L., JANIK T., THYBO H. AND POLONAISE Working Group 1999 — Seismic structure of the Palaeozoic Platform along POLONAISE '97 profile P1 in northwestern Poland. *Tectonophysics*, 314: 123–143.
- KRÓLIKOWSKI C. & PETECKI Z. 1995 — Atlas grawimetryczny Polski. Państw. Inst. Geol.
- KRÓLIKOWSKI C., BRONOWSKA E., BUJNOWSKI W., GROBELNY A., MARGUL H., MŁYNARSKI S., SOKOŁOWSKI J., SZCZYPA S. & WITKOWSKI A. 1986 — Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii od podłoża podpermskiego w NW Polsce Etap II. CAG Państw. Inst. Geol.
- KRÓLIKOWSKI C. & PETECKI Z. 1997 — Crustal structure at the TESZ in NW Poland based on the gravity data. *Geol. Mag.*, 7: 661–667.
- KRÓLIKOWSKI C., PETECKI Z., SZCZYPA S., TWAROGOWSKI J. & ŻÓŁTOWSKI Z. 2001 — Badanie struktury podłoża podcechsztyńskiego w obszarze nadbałtyckim strefy TESZ z wykorzystaniem metody 3-wymiarowego modelowania grawimetrycznego. Grant KBN nr 9 T12B 036 14. CAG Państw. Inst. Geol.
- PETECKI Z. 2001 — Magnetic evidence for deeply buried crystalline basement southwest of the Teisseyre-Tornquist Line. *Acta Geophys. Pol.*, 49: 509–515.
- PHARAOCH T. & TESZ Colleagues 1996 — Trans-European Suture Zone - Phanerozoic accretion and the evolution of contrasting continental lithosphere. [In:] Gee D.G., Zeyen H.J. (eds.), EUROPROBE 1996 — Lithosphere dynamics: origin and evolution of continents. EUROPROBE, Uppsala: 41–54.
- ŚRODA P. & POLONAISE Working Group 1999 — P- and S-wave velocity model of the southwestern margin of the Precambrian East European Craton; POLONAISE '97, profile P3. *Tectonophysics*, 314: 175–192.
- WASILEWSKI P. J., THOMAS H. H. & MAYHEW M. A. 1979 — The Moho as a magnetic boundary. *Geophysical Research Letters*, 6: 541–544.