Dr hab. prof. Stanisław Mazur

Instytut Nauk Geologicznych

Polskiej Akademii Nauk

SEKRETARIAT NAUKOWY
INSTYTUT GEOFIZYKI PAN
WPŁYNEŁO
Dnia 06.02.2017
Nr dz. ..... zał. .....
Ref. .....

Wrocław, 30/01/2017

Ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Ślęzak

pt. „Niezmienniki funkcji przejścia w modelowaniu 3-D struktur geoelektrycznych Pomorza Zachodniego", przygotowanej pod opieką naukową dr hab. Krzysztofa Nowożyńskiego prof. PAN w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk.

Recenzowana rozprawa stanowi studium wybranej grupy niezmienników funkcji przejścia pod kątem ich przydatności w rozpoznawaniu w trzech wymiarach wgłębnej budowy geologicznej. Dla lepszej oceny wartości uzyskanych wyników w skład rozprawy włączono także trójwymiarowe modelowanie inwersyjne rozkładu przewodnictwa elektrycznego litosfery z wykorzystaniem tych samych danych magnetotellurycznych, których użyto w badaniu niezmienników. Dane pochodziły z 31 długookresowych stacji magnetotellurycznych rozmieszczonych wzdłuż trzech równoległych profilów na terenie Pomorza Zachodniego. Obszar badan znajduje się na terenie transeuropejskiego szwu tektonicznego na zachód od strefy Teisseyre'a-Tornquista.

Przedstawione w rozprawie niezmienniki są obliczone osobno dla tensora impedancji oraz tensora magnetycznego i sklasyfikowane w dwóch grupach, jako niezmienniki będące liczbami zespolonymi oraz liczbami rzeczywistymi. Rozkład powierzchniowy niektórych niezmienników funkcji przejścia, jak również modele trójwymiarowe rozkładu przewodnictwa elektrycznego, pozwoliły na lepsze rozpoznanie struktury wgłębnej obszaru wykazującego znaczny stopień komplikacji budowy geologicznej. Otrzymane wyniki mają również znaczenie metodyczne, określając zakres przydatności wybranych niezmienników w badaniach geoelektrycznych struktur geologicznych.

Struktura i zawartość rozprawy

Tekst rozprawy obejmuje 69 stron druku, nie licząc streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu treści i rysunków, podziękowań, spisu literatury i dodatków (zajmujących łącznie 32 strony druku). Rozprawa zawiera 58 figur przygotowanych w formacie A4. Spis wykorzystanej literatury obejmuje 59 pozycji, w tym 38 pozycji opublikowanych za granicą.

Rozprawa zawiera 7 rozdziałów, w skład których wchodzi charakterystyka rejonu badań i stan badań geofizycznych, podstawy teoretyczne metod elektromagnetycznych, omówienie użytych danych magnetotellurycznych oraz 3 końcowe rozdziały prezentujące kolejne aspekty wyników badań własnych doktorantki i jednocześnie zawierające dyskusję tych wyników na tle literatury przedmiotu. Na wspomniane 7 rozdziałów składają się w sumie 22 podrozdziały pogrupowane w 2 poziomach hierarchii.

W charakterystyce rejonu badań (rozdział 1) przedstawiono położenie geograficzne obszaru oraz omówienie jego budowy geologicznej wraz z krótkim zarysem historii badań. Zwięźle zaprezentowano poglądy dotyczące struktury wgłębnej podłoża Niżu Polskiego i jej ewolucji w czasie geologicznym. Na mapkach zaczerpniętych z prac wybranych autorów pokazano zasięg jednostek tektonicznych w obrębie głównych pięter strukturalnych Polski.

W rozdziale 2 rozprawy krótko przedstawiono i zilustrowano podstawy teoretyczne metod elektromagnetycznych. Nacisk położono na współczynniki zależności liniowych między składowymi pola elektromagnetycznego.

W rozdziale 3 zaprezentowano obecny stan badań geofizycznych podłoża Niżu Polskiego odwołując się przy tym zarówno do wyników badań sejsmicznych przeprowadzonych w ostatnich dziesięcioleciach jak i badań elektromagnetycznych. W tym drugim przypadku szczególną uwagę poświęcono wynikom projektu EMTESZ (*ElectroMagnetic sounding of Trans European Suture Zone*) zrealizowanego w pierwszej dekadzie XXI wieku. Badania podjęte w ramach recenzowanej rozprawy stanowią kontynuację i rozwinięcie zapoczątkowanych wtedy prac.

Rozdział 4 jest poświęcony omówieniu użytych danych magnetotellurycznych. Dane te pochodzą częściowo z projektu EMTESZ realizowanego w latach 2001-2005, a częściowo z późniejszych sondowań prowadzonych we współpracy z Freie Universität Berlin od roku 2011 do 2014. W rozprawie wykorzystano dane ze stacji pomiarowych rozmieszczonych na siatce o rozmiarze 125 na 125 kilometrów. W pracy użyto danych o okresach od 10 do 10.000 sekund, których przykład jest przedstawiony w niniejszym rozdziale. Pełen zestaw danych oraz wyników opartych na nich obliczeń znajduje się w dodatku A. W oparciu o te dane obliczono funkcje przejścia korzystając z metody *remote-reference* według schematu zaczerpniętego z pracy Egberta i Brookera (1986).

Rozdział 5 poświęcono wynikom inwersji trójwymiarowej za pomocą programu ModEM bazującym na metodzie NLCG (*Nonlinear Conjugate Gradients*). Metoda ta polega na iteracyjnym dopasowaniu ośrodka geoelektrycznego do krzywych pomiarowych przy wykorzystaniu algorytmów minimalizacji nieliniowych gradientów sprzężonych. Prezentację wyników poprzedza omówienie parametryzacji zastosowanej w modelu inwersyjnym oraz założeń modelu startowego. Dopasowanie danych wejściowych, czyli krzywych oporności pozornej oraz faz i wektorów indukcyjnych do wyników modelowania prezentuje dodatek A.

Rozdział 5 zawiera natomiast graficzne zobrazowanie ostatecznego wyniku modelowania w postaci blokdiagramów i cięć poziomych modelu, ilustrujących rozkład przewodnictwa elektrycznego. Rysunkom towarzyszy krótka interpretacja wyników w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy geologicznej oraz rezultatów wcześniejszych badań geofizycznych.

W kolejnym rozdziale, 6, poświęconym niezmiennikom funkcji przejścia, przedstawiono analizę niezmienników związanych z funkcjami przejścia zarówno dla pola elektromagnetycznego (tensor impedancji) jak i pola magnetycznego (tensor magnetyczny). Na wstępie rozdziału zdefiniowano poddane analizie niezmienniki, które są obliczone oraz zobrazowane graficznie przy pomocy programu ModEM. Rozdział prezentuje obrazy stworzone dla wybranych niezmienników funkcji przejścia przy wykorzystaniu danych rzeczywistych. Te ostatnie, jak również wszystkie parametry siatki, pokrywają się z tymi, które zostały wcześniej użyte do modelowania trójwymiarowego (rozdział 5). Wszystkie rysunki zamieszczone w rozprawie zostały stworzone dla czterech wybranych okresów rejestracji: 17, 100, 560 oraz 1700 sekund. Analiza niezmienników polegała na znalezieniu korelacji między nimi, a rozkładem przewodnictwa elektrycznego w badanym obszarze. Końcowa część rozdziału zawiera krytyczne omówienie rezultatów ze wskazaniem na te niezmienniki, które niosą w sobie wiarygodną i użyteczną informację. W ten sposób zawężono grupę niezmienników do tych, które mają potencjał odwzorowywania budowy geologicznej i korelują się z rozkładem przewodnictwa elektrycznego. Takie niezmienniki mogą zostać wykorzystane w przyszłych badaniach różnych obszarów jako wartościowe uzupełnienie modelowania rozkładu przewodnictwa elektrycznego. Na zakończenie rozdział 6 prezentuje porównanie oporności średniej warstw na różnych głębokościach cięcia poziomego z amplitudą dwóch niezmienników, które wykazują najlepszą korelację spośród wszystkich zbadanych.

W ostatnim rozdziale, 7, przedstawiono podsumowanie i wnioski. Dokonano tu syntezy i podsumowania wyników poczynionych obserwacji, podejmując krytyczną dyskusję na temat przydatności analizowanych niezmienników funkcji przejścia. Wykorzystano przy tym, stworzony wcześniej, trójwymiarowy model rozkładu oporności dla rejonu Pomorza Zachodniego jako punkt odniesienia oraz narzędzie weryfikacji użyteczności tytułowych niezmienników. Ten główny wątek rozdziału 7 stanowi rozwinięcie dyskusji zapoczątkowanej już wcześniej w końcowej części rozdziału 6. Interpretacja jakościowa przedstawiona w tym opisie wydaje się zasadniczo logiczna i poprawna, a także zgodna z aktualnym stanem wiedzy. Dokonane podsumowanie prowadzi do wniosku, że niezmienniki funkcji przejścia mogą być ciekawym oraz użytecznym narzędziem do wstępnej interpretacji wyników sondowań elektromagnetycznych. Innym ważnym wnioskiem wynikającym z przedstawionych rozważań jest stwierdzenie, że część niezmienników dostarcza takiej samej lub zbliżonej do siebie informacji i że wobec tego ich ilość można w przyszłych badaniach ograniczyć do najbardziej informatywnych. Porównanie uzyskanych wyników z rozmieszczeniem głównych jednostek tektonicznych badanego obszaru dowodzi, że niezmienniki funkcji przejścia mogą okazać się pomocne w tworzeniu modeli tektonicznych, np. przy ustalaniu położenia frontów orogenicznych.

Ogólna ocena rozprawy

Badania zrelacjonowane w ocenianej rozprawie oparte są na współczesnych koncepcjach w dziedzinie geofizyki pól potencjalnych oraz na nowoczesnych technologiach, tak po stronie danych – wyników długookresowych sondowań magnetotellurycznych z rejonu Pomorza Zachodniego, jak i po stronie metod ich analizy. Doktorantka wykazała się znajomością metod i narzędzi wykorzystywanych we współczesnych badaniach elektromagnetycznych, włączając w to profesjonalne oprogramowanie, jak i umiejętnością modelowania wstecz (*inverse modeling*) przy użyciu trójwymiarowych modeli numerycznych. Zademonstrowała też sprawność innowacyjnego myślenia przy analizie niezmienników funkcji przejścia, których wykorzystanie nie należy jeszcze do kanonu ugruntowanych metod geofizycznych.

Za główne osiągnięcie recenzowanej pracy należy uznać między innymi efektywne rozpoznanie i scharakteryzowanie trójwymiarowej geometrii strukturalnej podłoża Niżu Polskiego w rejonie Pomorza Zachodniego, będącego obiektem o znacznym stopniu komplikacji budowy geologicznej. Obiekt ten położony jest w miejscu ważnym i reprezentuje cechy istotne dla zrozumienia szerszych aspektów geologii zachodniego obrzeżenia platformy wschodnioeuropejskiej, a tym samym dla pogłębienia wiedzy o budowie geologicznej Polski. Równie ważny jest uniwersalny aspekt metodyczny, dla którego kontekst regionalny stanowił punkt odniesienia. Analiza niezmienników funkcji przejścia jako pomocniczego narzędzia do rozpoznania trójwymiarowej geometrii rozkładu przewodnictwa elektrycznego, a co za tym idzie, struktury geologicznej – według wiedzy niżej podpisanego stanowi pierwsze tak systematyczne opracowanie tego tematu i potencjalnie może mieć implikacje dla doskonalenia metodologii przyszłych badań elektromagnetycznych. Wykazane w toku tej analizy prawidłowości mają znaczenie ogólne, ponadregionalne i – tym samym – mają szanse na upowszechnienie w formie dobrych publikacji. Na podkreślenie zasługuje staranny i atrakcyjny sposób przygotowania strony graficznej rozprawy, pozwalający na skuteczne przedstawienie czytelnikowi natury stosunków geometrycznych pomiędzy opisywanymi strukturami geoelektycznymi. Rozprawa jest napisana przy użyciu poprawnej geofizycznej terminologii fachowej, co razem z wymienionymi wcześniej zaletami pracy świadczy o dobrym opanowaniu przez doktorantkę warsztatu badawczego w zakresie geofizyki.

Uwagi krytyczne

Oprócz niekwestionowanych osiągnięć, recenzowana rozprawa ma – oczywiście – również swoje strony słabsze. Wśród nich należy wymienić brak wstępu do rozprawy, przedstawiającego tematykę pracy, jej zakres i cele oraz motywy podjęcia badań.

Szereg mankamentów ma też prezentacja aktualnego stanu wiedzy na temat struktury podłoża Niżu Polskiego, jak i stosowana w rozprawie terminologia geologiczna:

1. Trudno się zgodzić ze stwierdzeniem, że platforma paleozoiczna utworzyła się „na miejscu rozległego basenu środkowopolskiego". Było odwrotnie – to basen polski, ewentualnie basen niemiecko-polski, utworzył się na platformie paleozoicznej.

2. Strefa TESZ (szwu transeuropejskiego) obejmuje w Polsce cały obszar położony pomiędzy strefą Teisseyre'a-Tornquista a uskokiem Odry, który to obszar jest w rozprawie zaliczany do platformy paleozoicznej. Zatem TESZ nie stanowi strefy granicznej kratonu wschodnioeuropejskiego i platformy paleozoicznej jak napisano w rozprawie. Rolę tę spełnia natomiast strefa Teisseyre'a-Tornquista.

3. Laurencja nie brała udziału w powstaniu TESZ-u. Natomiast poza Baltiką i Avalonią mogły w jego utworzeniu się mieć swój udział - zdaniem niektórych badaczy - liczne drobne terrany o bałtyckim pochodzeniu (zobacz Dadlez et al., 2005; Narkiewicz et al., 2015).

4. Część dowodów na wgłębne przedłużanie się krawędzi Baltiki ku południowemu-zachodowi poza strefę Teisseyre'a-Tornquista była już podawana przed publikacją Mazura i innych (2015), np. przez Berthelsena (1998), Pharaoha (1999), Grada i in. (2002). Z kolei najnowsze dowody znajdują się w publikacji Smita i innych (2016).

5. Orogeneza waryscyjska trwała od późnego dewonu do późnego karbonu (westfal C/D; 305 mln lat). Natomiast fragmentacja północnego obrzeżenia Gondwany rozpoczęła się już we wczesnym ordowiku. Dokowanie terranów do obrzeżenia Laurussi nastąpiło na przełomie dewonu i karbonu, a nie w triasie, jak pisze autorka.

6. Antyklinoria pomorskie i kujawskie oraz synklinoria szczecińsko-gorzowskie, mogileńskie, łódzkie i monoklina przedsudecka powstały w efekcie orogenezy alpejskiej, a nie ruchów orogenicznych kaledońskich i waryscyjskich.

7. Front deformacji kaledońskiej jest linią, a nie obszarem i dlatego nie może mieć północno-wschodniej granicy, bo sam jest granicą. Natomiast na południowym-zachodzie front deformacji waryscyjskiej nie może stanowić granicy obszaru kaledonidów, bo chodzi tu o dwa różne piętra strukturalne.

8. Orogeneza alpejska rozpoczęła się w kredzie, a nie w triasie. Sformułowanie, że główna faza fałdowań alpejskich miała miejsce w paleogenie nie jest do końca precyzyjne skoro czas umiejscowienia płaszczowin karpackich przypada na miocen. Nie jest też do końca prawdą, że fałdowanie alpejskie trwa nadal na terenie Polski – jego schyłek nastąpił w późnym miocenie (zobacz Jarosiński, 2009).

9. Pokrywa osadowa w basenie polskim nie sięga 20 km. Najgłębszą częścią basenu jest bruzda środkowopolska, gdzie miąższość osadów permo-mezozicznych wynosi 8 km. Jeśli wziąć pod uwagę całość osadów fanerozoicznych, to ich miąższość w bruździe środkowopolskiej sięga 12-13 km (Dadlez et al., 1995 i wiele innych prac). Na obszarze Pomorza osady fanerozoiczne to jedynie około 10-11 km (np. Mazur et al., 2016a). Pozostałe 10 km skał o prędkościach fal podłużnych w zakresie 5.8-6.1 km/s, może być związane z osadowymi / anchimetamorficznymi utworami neoproterozoiku (Mazur et al., 2016b) lub silnie anizotropowym krystalicznym podłożem (Mazur i Jarosinski, 2006).

Na rysunku 1.2 część napisów jest po polsku, a część po angielsku.

Styl wypowiedzi zaprezentowany w rozpzrawie, jest miejscami niejasny i niejednoznaczny. Sporadycznie trafiają się drobne błędy gramatyczne. Natomiast bardzo specyficzną cechą tekstu rozprawy są tzw. literówki powstałe na skutek braku ostatniej litery w końcówkach wyrazów. Być może komputerowy edytor tekstu odmawiał w tych przypadkach posłuszeństwa.

W rozdziale 5 brak odniesień do rysunku 5.3. Powołanie na ten rysunek pojawia się dopiero na stronie 71 pod koniec rozdziału 6.

Na stronie 36 program ModEM opisano jako „...najnowszy, dostępny do celów akademickich bezpłatnie, pakiet inwersyjny o nazwie ModEM (Egbert i Kelbert, 2012)." Natomiast na stronie 47 jest napisane: „...wykonane były software'em ModEM stworzonym w Zakładzie Magnetyzmu autorstwa promotora pracy prof. Nowożyńskiego". Ta, ja się wydaje, rozbieżność, wymaga wyjaśnienia.

Uwagi dyskusyjne

Z interpretacji modelu trójwymiarowego (strona 39) wynika, że baseny przedgórskie powinny sięgać do głębokości 25 km i obejmować osady o miąższości 15 km. Taka sytuacja nie znajduje odpowiedników na świecie i jest trudna do wyobrażenia ze względu na parametry fizyczne skorupy (*elastic thickness*). Ze względu na naskórkowy charakter tektoniki kaledońskiej i waryscyjskiej na Pomorzu, ciała wysoko przewodzące trudno też interpretować jako kompleksy płaszczowinowe. Reprezentują one raczej neoproterozoiczne baseny osadowe lub strefy rozłamowe. Jednak w przypadku anomalii 'F' trudno oczekiwać przedłużania się uskoku poniżej nieciągłości Moho.

Czy zmiana barwy na modelach trójwymiarowych (rysunki 5.1 i 5.2) odpowiada gradientowi zmiany oporności? Jeśli tak, to ciała / warstwy będące źródłem anomalii przewodności mogłyby być mniejsze / cieńsze niż podano w opisie modeli. W takiej sytuacji interpretacja wiążąca skały o wysokiej przewodności z basenami przedgórskimi byłaby bardziej prawdopodobna.

Czy graficzne przedstawienie niezmienników odpowiada przekrojowi poziomemu wzdłuż powierzchni terenu? Jeśli tak, to korelacja z przekrojami poziomymi przez model rozkładu oporności na różnych głębokościach ma jedynie charakter jakościowy.

Wybrane uwagi szczegółowe do ocenianej rozprawy

W streszczeniu niepoprawnie jest stosowany termin „kraton Bałtyka". Baltika to wczesnopaleozoiczny paleokontynent, podczas gdy nazwa kraton wschodnioeuropejski odnosi się do współczesnej jednostki geologicznej zbudowanej z paleoproterozoicznej skorupy.

Pokrywa platformy paleozoicznej zaczyna się od permu – nie obejmuje całego fanerozoiku jak sugeruje tekst rozprawy (strona 10).

Nie jest jasne co autorka miała na myśli pisząc „...bardzo dobrze widoczne są różnice w fazie rozwoju poszczególnych składowych litosfery." (strona 11 i 12)

Praca Gutercha i Grada z *Geological Quarterly* jest niepoprawnie cytowana w tekście i spisie literatury. Powinno być Guterch i Grad (2006).

Termin „globalne fałdowania górotwórcze" nawiązuje do poglądów Stillego z czasów sprzed upowszechnienia się teorii tektoniki płyt i sugeruje jednoczesność faz górotwórczych niezaleznie od ich kontekstu tektonicznego (strona 14).

Powinno być „metoda, która analizuje" zamiast „analizuję" (strona 16).

Powinno być „indukcji elektromagnetycznej" zamiast „indukcji elektromagnetyczne" (strona 16).

Powinno być „szwu tektonicznego" zamiast „szwu kontynentalnego" (strona 25).

Powinno być „platformy paleozoicznej" zamiast „platformy paleozoiczne" (strona 16).

Powinno być „kratonie wschodnioeuropejskim" zamiast „kratonie wschodnio-europejski" (strona 16).

Skały osadowe znajdujące się w podłożu basenu są słabo, a nie „silnie" zmetamorfizowane (Puziewicz et al., 2006; Puziewicz et al., 2016) (strona 26).

Powinno być „położenie spągu" zamiast „przebieg i głębokość maksymalnej miąższości" (strona 27).

Powinno być „miąższość" zamiast „grubość" (strona 27).

Powinno być „oznaczonej literą C" zamiast „oznaczona literą C" (strona 27).

Powinno być „z przebiegiem frontu" zamiast „z przebiegiem front" (strona 28).

Powinno być „tegoż tensora" zamiast „tegoż tensor" (strona 28).

Powinno być „między" zamiast „miedzy" (strona 33).

Powinno być „W tabeli" zamiast „W tabela" (strona 37).

Powinno być „kilku pierwszych" zamiast „kilku pierwszy" (strona 38).

„Geotektonika" – rosyjski termin rzadko stosowany w zachodniej literaturze. Jest często rozumiany jako synonim „tektoniki globalnej"/wielkoskalowej. Na stronie 39 i w kilku innych miejscach rozprawy stosowany niewłaściwie.

Wyrazy „waryscyjski" i „kaledoński" pisze się po polsku z małej litery (strona 39).

Zamiast „osady, zgromadzone w przedpolach łańcuchów górskich w wyniku orogenicznych ruchów" powinno być „osady basenów przedgórskich" – tekst uwidacznia pewne braki w terminologii geologicznej (strona 39).

„Wysokooporowy" pisze się łącznie (strona 39).

Powinno być „niezmienniki mogą" zamiast „niezmiennik mogą" (strona 43).

Powinno być „zaprezentowany został" zamiast „zaprezentowany zostały" (strona 46).

W podpisach do rysunków 6.30-6.41 oraz 6.46-6.56 słowo „oraz" jest napisane z błędem.

Powinno być „taką samą informację" zamiast „taką samą informacją" (strona 69).

Powinno być „tyczy się" zamiast „tycz się" (strona 71 – dwa razy).

Powinno być „korelują się z liniami przebiegów" zamiast „korelują się liniami przebiegów" (strona 71).

Powinno być „część rzeczywista" zamiast „cześć rzeczywista" (strona 72).

Błąd w tytule podrozdziału 6.3: „Korelacja oporność średniej..." (strona 73).

Nie struktury, ale skały mają cechy petrofizyczne (strona 75).

Po polsku pisze się „więcej lub mniej informacji" zamiast „mniejszej bądź większej informacji" (strona 76).

Nie jest jasne co znaczy sformułowanie: „Dla głębszych warstw informacja jest bardziej globalna..." (strona 76).

Powinno być „odchylenia od struktur" zamiast „odchylenie od struktur" (strona 76).

Na stronie 77 jest napisane: „...że na prawie wszystkich niezmiennikach najsilniej zaznacza się obszar północno-wschodniej Polski." Przecież rozprawa jest na temat Polski północno-zachodniej?

Powinno być „zaznacza się bardzo silnie" zamiast „zaznacz bardzo silnie" (strona 77).

Podsumowanie recenzji

W recenzowanej rozprawie zdecydowaną przewagę mają oryginalne osiągnięcia badawcze autorki, świadczące o jej wiedzy i opanowaniu warsztatu badawczego w zakresie geofizyki pól potencjalnych, analizy danych geofizycznych, a także o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań.

Rozprawa zawiera oryginalne i metodycznie poprawne rozwiązanie zagadnienia naukowego, polegającego na analizie przydatności niezmienników funkcji przejścia w modelowaniu struktur geoelektrycznych. Tym samym recenzowana praca jednoznacznie spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą ustawę o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. 2003 nr 65. poz. 595 z późn. zm.; tekst ujednolicony Dz.U. 2004 poz. 1852). Na tej podstawie recenzent wnioskuje o dopuszczenie mgr Katarzyny Ślęzak do publicznej obrony przedstawionych w jej rozprawie tez. Ze względu na duże walory merytoryczne rozprawy, wnioskuję również aby wystąpić o jej wyróżnienie stosowną nagrodą.

Wrocław, 30 stycznia 2017 r.

St. Mazur

Literatura

Berthelsen, A., 1998. The Tornquist Zone northwest of the Carpathians: an intraplate-pseudosuture. *GFF*, 120, 223–230.

Dadlez, R., Narkiewicz, M., Stephenson, R. A., Visser, M. T. M., Van Wees, J. D., 1995. Tectonic evolution of the Mid-Polish Trough: modelling implications and significance for central European geology. *Tectonophysics*, 252 (1-4), 179–195.

Dadlez R., Grad, M., Guterch A., 2005. Crustal structure below the Polish Basin: Is it composed of proximal terranes derived from Baltica? *Tectonophysics*, 411 (1–4), 111–128.

Grad, M., Guterch, A., Mazur, S., 2002. Seismic refraction evidence for crustal structure in the central part of the Trans-European Suture Zone in Poland, in: Winchester, J.A., Pharaoh T.C., and Verniers J. (Eds.), *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe*. Geological Society of London, Special Publications 201, pp. 295–309.

Guterch, A., Grad, M., 2006. Lithospheric structure of the TESZ in Poland based on modern seismic experiments. *Geological Quarterly*, 50 (1), 23–32.

Jarosiński, M., Poprawa, P., Ziegler, P. A., 2010. Cenozoic dynamic evolution of the Polish Platform. *Geological Quarterly*, 53 (1), 3–26.

Mazur, S., Jarosiński, M., 2006. Budowa geologiczna głębokiego podłoża platformy paleozoicznej południowo-zachodniej Polski w świetle wyników eksperymentu sejsmicznego POLONAISE'97. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 188, 203–222.

Mazur, S., Mikolajczak, M., Krzywiec, P., Malinowski, M., Buffenmyer, V., Lewandowski, M., 2016a. Reply to "comments on 'Is the Teisseyre-Tornquist zone an ancient plate boundary of Baltica?'" *Tectonics*, 35 (6), 1600–1607.

Mazur, S., Mikolajczak, M., Krzywiec, P., Malinowski, M., Lewandowski, M., Buffenmyer, V., 2016b. Pomeranian Caledonides, NW Poland–A collisional suture or thin-skinned fold-and-thrust belt?. *Tectonophysics*, 692, 29–43.

Narkiewicz, M., Maksym, A., Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Petecki, Z., Probulski, J., Janik, T., Majdański, M., Środa, P., Czuba, W., Gaczyński, E., Jankowski L., 2015. Transcurrent nature of the Teisseyre–Tornquist Zone in Central Europe: results of the POLCRUST-01 deep reflection seismic profile. *International Journal of Earth Sciences*, 104 (3), 775–796.

Pharaoh, T.C., 1999. Palaeozoic terranes and their lithospheric boundaries within the Trans-European Suture Zone (TESZ): a review. *Tectonophysics*, 314, 17–41.

Puziewicz, J., 2006. Skały dolnej skorupy i najwyższego płaszcza Ziemi na obszarze eksperymentu POLONAISE'97 – modele petrologiczno sejsmiczne. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 188, 53–68.

Puziewicz, J., Polkowski, M., Grad, M., 2016. Geophysical and petrological modeling of the lower crust and uppermost mantle in the Variscan and Proterozoic surroundings of the Trans-European Suture Zone in Central Europe. *Lithos*, in press, http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2016.06.013

Smit, J., van Wees, J. D. and Cloetingh, S., 2016. The Thor suture zone: From subduction to intraplate basin setting. *Geology*, 44 (9), 707–710.