

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko.

Wojciech Czuba

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

1994 – magister, kierunek geofizyka, specjalizacja fizyka litosfery, Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, Instytut Geofizyki

2005 – doktor nauk o Ziemi, rozprawa pt. „Sejsmiczne modelowanie struktury skorupy ziemskiej w rejonie północno-zachodniego Spitsbergenu”, Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

1994 – obecnie – Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Zakład Seismologii, następnie Samodzielna Pracownia Głębokich Struktur, obecnie Zakład Sejsmicznych Badań Litosfery.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Sejsmiczna budowa pasywnej krawędzi kontynentalnej Svalbardu,

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

Czuba W., 2007. 2.5-D seismic tomographic modelling of the crustal structure of north-western Spitsbergen based on deep seismic soundings. *Marine Geophysical Researches*, DOI: 10.1007/s.11001-007-9028-3.

Czuba W., Grad M., Guterch A., Majdański M., Malinowski M., Mjelde R., Moskalik M., Środa P., Wilde-Piórko M. and Nishimura Y., 2008. Seismic crustal structure along the deep transect Horsted’05, Svalbard, *Polish Polar Research* 29 (3), 279-290.

Czuba W., Grad M., Mjelde R., Guterch M., Libak A., Krüger F., Murai Y., Schweitzer J. and the IPY Project Group, 2011. Continent–ocean-transition across a trans-tensional margin segment: off Bear Island, Barents Sea. *Geophys. J. Int.*, 184, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04873.x

Czuba W., 2013. Seismic View on the Svalbard Passive Continental Margin. *Acta Geophysica*, DOI: 10.2478/s11600-013-0126-0

c) omówienie celu naukowego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Archipelag Svalbard położony jest na północno-zachodnim krańcu kontynentalnej platformy Morza Barentsa ograniczonej od zachodu pasywną krawędzią kontynentalną. Spitsbergen jest główną wyspą archipelagu. Region ten jest interesującym i ważnym obszarem ze względu na zrozumienie ewolucji Północnego Atlantyku i Morza Arktycznego. Jest to najmłodsza część Oceanu Atlantyckiego i Morza Arktycznego będąca dobrym miejscem do badania procesów prowadzących do otwierania oceanów. Procesy ryftowe i następujące po nich rozszerzanie dna morskiego (spreading) w Północnym Atlantyku oraz powstawanie pasywnej transformującej krawędzi kontynentalnej platformy Morza Barentsa tworzą obraz dzisiejszej Ziemi. Rozwój tej krawędzi kontynentalnej jest silnie związany z historią otwierania Północnego Atlantyku.

Geologiczna historia Archipelagu Svalbard rozciąga się od prekambriu po kenozoik. Jego struktura odzwierciedla względny ruch płyt Euroazjatyckiej i Północnoamerykańskiej oraz multiorogeniczną historię rozwoju z kilkoma głównymi etapami tektonicznymi. Ewolucję Północnego Atlantyku można podzielić na dwie główne fazy.

Podczas fazy pierwszej we wczesnym eocenie nastąpił rozłam kontynentu, a następnie rozpoczął się spreading wzdłuż grzbietów śródoceanicznych Reykjanes, Aegir i Mohns. Ruchy transformujące wzdłuż uskoków pomiędzy północno-wschodnią Grenlandią a Svalbardem utworzyły w kierunku północnym spitsbergeński pas fałdów i nasunięć. W związku z wycienieniem i osłabieniem skorupy ziemskiej, głównie w Wulkanicznej Prowincji Vestbakken, pojawiły się intruzje gęstego materiału płaszcza.

Drugą fazę ewolucji Północnego Atlantyku wyznacza zmiana kierunku spreading z NNW-SSE na NW-SE. Rozpoczęło się to we wczesnym oligocenie, gdy zatrzymał się spreading w Morzu Labradorskim. Na początku tego etapu nastąpił rozwój Grzbietu Śródatlantyckiego w kierunku północnym. Oś spreadingu rozwinęła się w Spitsbergeńską Strefę Transformującą tworząc asymetryczny, ultrawolny i skośny Grzbiet Knipowicza. Około 23 milionów lat temu spreading rozwinął się dalej, wzdłuż Grzbietu Molloya, a później około 10 milionów lat temu rozłam kontynentalny pojawił się wzdłuż dzisiejszej Cieśniny Fram, co spowodowało połączenie Arktyki z systemem grzbietów śródoceanicznych Północnego Atlantyku.

Podczas kilku międzynarodowych ekspedycji arktycznych uzyskano dobrej jakości rejestracje fal podłużnych załamanych i odbitych na całej długości profili sejsmicznych. Są one doskonałą podstawą do modelowania sejsmicznego wzdłuż wspomnianych profili.

Na wschód od Głębi Molloya wykryto minimalną głębokość nieciągłości Moho, około 6 km. W tym miejscu prędkość fal podłużnych w górnym płaszczu wynosi około 7,9 km/s, a miąższość skorupy ziemskiej nie przekracza 4 km. Jest to związane ze Strefą Uskoków Transformujących Molloya bądź z Grzbietem Molloya łączącym Strefę Uskoków Transformujących Molloya ze Spitsbergeńską Strefą Uskoków Transformujących.

Nieciągłość Moho obniża się do 28 km pod częścią kontynentalną profile 99200 (profil północny) i K1 oraz maksymalnie do 32 km pod pozostałymi profilami. Prędkość fal podłużnych pod granicą Moho zasadniczo wzrasta do 8,2 km/s, osiągając 8,6 km/s pod kontynentalną częścią profilu położonego w centralnej części zachodniego wybrzeża Spitsbergenu. Skorupa kontynentalna składa się z dwóch lub trzech warstw krystalicznych. Najgłębsza kontynentalna warstwa skorupy o prędkości fal podłużnych rzędu 7 km/s nie istnieje wzdłuż trzech z omawianych profili. Jest jej całkowicie brak (BIN-2008) lub występuje tylko w strefie przejściowej (99200, Horsted '05). Te warstwy bądź nawet tylko ciała wysokoprędkościowe są łączone z procesem serpentynizacji lub częściowego topnienia w rejonach bogatych w magmę. Warstwa o prędkości fal podłużnych istotnie powyżej 7 km/s została znaleziona wzdłuż kontynentalnej części profilu BIS-2008, ale jest ona tam bardzo

cienka i trudno jest traktować ją jako normalną dolną skorupę. Wzdłuż profili 99400 i K1 określono jasno warstwy dolnej skorupy o prędkościach fal podłużnych, odpowiednio, 6,7-7,0 km/s i 7,1-7,2 km/s.

Skorupa oceaniczna jest zasadniczo podobna w sensie miąższości wzdłuż wszystkich profili, ale wzdłuż trzech południowych profili, gdzie otwarcie Północnego Atlantyku nastąpiło wcześniej, składa się z większej liczby warstw. Różnice w miąższości skorupy wynikają z różnej szybkości spreadingu w historii tektonicznej. Miąższość ta jest najmniejsza w okolicach grzbietu śródoceanicznego. Prędkość fal podłużnych w górnym płaszczu jest tam najniższa, nawet poniżej 7,9 km/s. Część osadowa strefy przejściowej kontynent-ocean charakteryzuje się złożoną strukturą basenową, znaną w regionie spitsbergeńskim jako basen przedgórski zachodniego Spitsbergenu. Prędkość fal podłużnych w najpłytszych warstwach jest bardzo niska, zaledwie 1,8-1,9 km/s (BIS-2008, 99200), co wskazuje na wysoką zawartość wody w skałach.

Krawędź przecinana przez kilka profili ma charakter ścinający z raczej krótką strefą przejścia kontynent-ocean oraz gwałtowną zmianą miąższości skorupy (99400, K1, Horsted '05). Ruchy ścinające miały miejsce głównie wzdłuż Strefy Uskoków Hornsundu. Krawędź przecięta przez pozostałe profile ma bardziej skomplikowaną historię. Struktura strefy przejścia wskazuje na transformujący charakter w przeszłości, ale obecnie można ją zaklasyfikować raczej jako krawędź ryftowa z ultrawolnym spreadingiem.

Modelowanie sejsmiczne wzdłuż profilu K1 i transektu C1/C3 (profile C1 i C3) było prowadzone tak, aby w rejonie ich przecięcia parametry modelu były zgodne. Ponowne modelowanie wzdłuż profilu C1 zostało przeprowadzone tak, aby model pasował lepiej do zarejestrowanych danych z tego profilu. Doprowadziło to do modyfikacji modelu sejsmicznego. Różnica wystąpiła w dolnej skorupie, gdzie prędkość fal podłużnych w warstwie zmodyfikowanego modelu jest średnio o 0,15 km/s większa niż w tym samym rejonie wzdłuż profilu K1. Ponadto, głębokość granicy Moho jest teraz lepiej zgodna w obu modelach. Zgodnie z dyskusją dokładności w publikacjach opisujących tę samą metodę modelowania sejsmicznego, ta różnica prędkości jest znacząca.

Profil C1 biegnie wzdłuż wybrzeża Spitsbergenu i jest w przybliżeniu równoległy do głównych struktur geologicznych, podczas gdy profil K1 przecina te struktury (Grzbiet Knipowicza i Strefę Uskoków Hornsundu) oraz profil C1 prawie prostopadle. Może to więc oznaczać, że wspomniana różnica prędkości fal podłużnych jest spowodowana anizotropią prędkości fal podłużnych. Jest to raczej niewielki stopień anizotropii, rzędu 2 %. Anizotropia ta raczej nie wiąże się ze szczelinami czy uskokami istniejącymi blisko powierzchni. Jest ona raczej spowodowana naprężeniami rozciągającymi występującymi w dolnej skorupie podczas procesu spreadingu w Grzbiecie Knipowicza.

Wykonano bardzo dokładne modelowanie sejsmicznej struktury skorupy ziemskiej wzdłuż profile położonych na pasywnej kontynentalnej krawędzi zachodniego Svalbardu i Morza Barentsa. Znalezione baseny osadowe (prawdopodobnie kenozoiczne) o niskiej prędkości fal sejsmicznych oraz wycienioną skorupę kontynentalną w strefie przejścia kontynent-ocean.

Procesy ścinająco-ryftowe wydają się być podstawą ewolucji tektonicznej tego regionu. Strefa przejścia kontynent-ocean wzdłuż najbardziej północnego profilu jest zdominowana przez rozciąganie, dlatego ostatnie stadium ewolucji tej krawędzi kontynentalnej jest klasyfikowane jako procesy ryftowe. Ta struktura krawędzi przeciętej przez profil 99200 może być interpretowana jako rezultat naprężeń rozciągających działających tam od czasu anomalii 13, co zamaskowało poprzednie struktury ścinające. Krawędź południowego Spitsbergenu ma raczej charakter ścinający, podczas gdy zachodnia krawędź Morza Barentsa jest typu spreadingu wolnego lub ultrawolnego. Może to być wyjaśnione przez historię

tektoniczną regionu. Najbardziej zaawansowane procesy spreadingu obecne są w południowej części rozważanego regionu, gdzie rozpoczęło się otwieranie Północnego Atlantyku. Następnie nowe procesy spreadingu pojawiły się na północy (Głębia Molloya, Grzbiet Molloya), natomiast centralna część rejonu (profile 99400, K1, Horsted '05) zachowała charakter transformujący przez dłuższy czas.

Zrozumienie struktury i procesów zachodzących w skorupie i górnym płaszczu Ziemi jest ważne nie tylko z powodu wzrostu zgromadzonej wiedzy o naszej planecie, albowiem będzie ono przydatne także w przyszłości do gospodarczego wykorzystania regionu.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Grad M., Janik T., Guterch A., Środa P., **Czuba W.** and EUROBRIDGE'94&97, POLONAISE'97 and CELEBRATION 2000 Seismic Working Groups, 2006. Lithospheric structure of the western part of the East European Craton investigated by deep seismic profiles. *Geological Quarterly*, 50 (1): 9–22.

Środa P., **Czuba W.**, Grad M., Guterch A., Tokarski A.K., Janik T., Rauch M., Keller G.R., Hegedüs E., Vozár J. and CELEBRATION 2000 Working Group, 2006. Crustal and upper mantle structure of the Western Carpathians from CELEBRATION 2000 profiles CEL01 and CEL04: seismic models and geological implications. *Geophys. J. Int.*, 167, 737–760 doi: 10.1111/j.1365-246X.2006.03104.x

Majdański M., Środa P., Malinowski M., **Czuba W.**, Grad M., Guterch A. and Hegedüs E., 2008. 3D seismic model of the uppermost crust of the Admiralty Bay area, King George Island. West Antarctica. *Polish Polar Research*, vol. 29. no 4, 303-319.

Wilde-Piórko M., Geissler W.H., Plomerová J., Grad M., Babuška V., Brückl E., Cyziene J., **Czuba W.**, England R., Gaczyński E., Gazdova R., Gregersen S., Guterch A., Hanka W., Hegedüs E., Heuer B., Jedlička P., Lazuskiene J., Keller G.R., Kind R., Klinge K., Kolinsky P., Komminaho K., Kozlovskaya E., Krüger F., Larsen T., Majdański M., Málek J., Motuza G., Novotný O., Pietrasiak R., Plenefisch Th., Růžek B., Sliupa S., Środa P., Świeczak M., Tiira T., Voss P. and Wiejacz P., 2008. PASSEQ 2006-2008: Passive Seismic Experiment in Trans-European Suture Zone. *Studia Geophysica et Geodetica*, 52, 439-448.

Grad M., Mjelde R., **Czuba W.**, Guterch A., Schweitzer J., and the IPY Project Group, 2011. Modelling of seafloor multiples observed in OBS data from the North Atlantic – new seismic tool for oceanography? *Polish Polar Research*, vol. 32, no.4, doi: 10.2478/v10183-011-0027-3

Grad M., Mjelde R., **Czuba W.**, Guterch and the IPY Project Group, 2012. Elastic properties of seafloor sediments from the modelling of amplitudes of multiple water waves recorded on the seafloor off Bear Island, North Atlantic. *Geophysical Prospecting*, 60, 855–869, doi: 10.1111/j.1365-2478.2011.01022.x

W poniższych pozycjach występują grupy i zespoły robocze (Working Group) związane z konkretnymi eksperymentami, do których należą jako współautor.

Bogdanova S., Gorbatshev R., Grad M., Janik T., Guterch A., Kozlovskaya E., Motuza G., Skridlaite G., Starostenko V., Taran L. and Eurobridge and Polonaise Working Groups (... **Czuba W.**, ...), 2006. EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In: Gee, D. G. & Stephenson, R. A. (eds). *European Lithosphere Dynamics*, Geological Society, London, Memoirs, 32, 599–625.

Grad M., Brückl E., Majdański M., Behm M., Guterch A. and CELEBRATION 2000 and ALP 2002 Working Groups (**Czuba W.**, Gaczyński E., Grad M., Guterch A., Janik T., Środa P., Wilde-Piórko M.), 2008. Crustal structure of the Eastern Alps and their foreland: seismic model beneath the CEL10/Alp04 profile and tectonic implications. *Geophysical Journal International*, 1-38

Grad M., Tiira T. and ESC Working Group (**Czuba W.**, Gaczyński E., Grad M., Guterch A., Janik T., Majdański M., Malinowski M., Środa P., Wide-Piórko M.), 2008. The Moho depth map of the European Plate. *Geophysical Journal International*, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x, 1-14

Hrubcová P., Środa P. and CELEBRATION 2000 Working Group (Guterch A., Grad M., Janik T., **Czuba W.**, ...), 2008. Crustal structure at the easternmost termination of the Varisca belt based on CELEBRATION 2000 and ALP 2002 data. *Tectonophysics*, 460, 55-75.

Malinowski M., Grad M., Guterch A. and CELEBRATION 2000 Working Group (Środa P., **Czuba W.**, Janik T., Gaczyński E., Keller G.R.), 2008. Three-dimensional seismic modeling of the crustal structure between East-European Craton and the Carpathians in SE Poland based on CELEBRATION 2000 data. *Geophysical Journal International*, 173, 546-565, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03742.x.

Grad M., Brückl E., Majdański M., Behm M., Guterch A. and CELEBRATION 2000 and ALP 2002 Working Groups (... **Czuba W.**, ...), 2009. Crustal structure of the Eastern Alps and their foreland: seismic model beneath the CEL10/Alp04 profile and tectonic implications. *Geophys. J. Int.*, 177 (1), doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.04074.x

Janik T., Grad M., Guterch A. and CELEBRATION 2000 Working Group (... **Czuba W.**, ...), 2009. Seismic structure of the lithosphere between the East European Craton and the Carpathians from the net of CELEBRATION 2000 profiles in SE Poland. *Geological Quarterly*, 53 (1): 141–158.

Malinowski M., Środa P., Grad M., Guterch A. and CELEBRATION 2000 Working Group (... **Czuba W.**, ...), 2009. Testing robust inversion strategies for three-dimensional Moho topography based on CELEBRATION 2000 data. *Geophys. J. Int.*, 179, 1093–1104.

Powyższe publikacje są rezultatem mojego udziału w wielu, głównie międzynarodowych, projektach badań sejsmicznych, często nazywanych głębokimi sondowaniami sejsmicznymi (ang. DSS) lub badaniami szerokokątowymi refleksyjno-refrakcyjnymi (ang. WARR). Ich celem było zbadanie struktury skorupy i górnego płaszcza Ziemi w jednych z najbardziej interesujących rejonach Europy, jakimi są Trans Europejska Strefa Szwu (ang. TESZ), zwana też Strefą Teisseyre'a-Tornquista, oraz Karpaty wraz z przyległymi jednostkami tektonicznymi, co pozwoli na lepsze zrozumienie procesów tektonicznych tworzących nasz kontynent. Badania te pozwoliły na określenie budowy tektonicznej Europy od Platformy Paleozoicznej po Kraton Wschodnioeuropejski oraz od Morza Bałtyckiego po Adriatyk i Morze Czarne. Uzyskano wyniki wnoszące nowe spojrzenie na ewolucję geologiczną Środkowej Europy i Karpat, co umożliwiło rozwój naukowej dyskusji w środowisku nauk o Ziemi. Wiele z tych rezultatów jest także przydatnych do dalszych poszukiwań węglowodorów w szczególności na terytorium Polski.

Dwie publikacje z powyższych dotyczą zastosowania technik modelowania sejsmicznego na przykładzie badań arktycznych do określenia charakterystyki wody oceanicznej (temperatury i zasolenia) oraz dennych warstw osadów.

Jedna publikacja powstała na podstawie gęstej siatki profili sejsmicznych wykonanych w Zatoce Admiralicji (Antarktyka) w rejonie polskiej stacji polarnej im. H. Arctowskiego, co pozwoliło określić głęboką strukturę geologiczną tego rejonu w szczególności w morskiej części niedostępnej dla geologów.

W. Gembu