

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPRZYJĘTO 29.02.2017	
Proz.	Zal.
Ref.	

Sopot, 17.02.2017

prof. dr hab. Zygmunt Klusek
Instytut Oceanologii PAN
Sopot

Opinia

o pracy doktorskiej mgr Oskara Głowackiego

Zastosowanie metod akustyki podwodnej w badaniach procesów lodowych występujących w fiordach arktycznych na przykładzie fiordu Hornsund na Spitsbergenie

Use of hydroacoustic methods in research on glacial processes taking place in Arctic fiords based on the example of the Hornsund Fiord, Spitsbergen

Recenzja rozprawy doktorskiej została wykonana w oparciu o Uchwałę o powołaniu recenzentów, podjętej na posiedzeniu Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN z dnia 29 listopada 2016 roku.

1. Uwagi wstępne i kompozycja pracy

Obserwowane współcześnie zmiany klimatu związane są z licznymi procesami zaburzającymi dotychczasowy stan względnej równowagi, szczególnie zauważalne na wyższych szerokościach geograficznych. Aktualny stan wiedzy na temat tych procesów, choć niezwykle obszerny, jest nie do końca kompletny i wymaga dalszych obserwacji i badań.

Mechanizm dynamiki lodowców jest ciągle przedmiotem wielu dociekań teoretycznych i badań eksperymentalnych, co wynika niekiedy z kontrowersyjnych teorii i hipotez.

M.in. nie w pełni rozpoznany jest bilans wodny topniejących lodowców. Skłoniło to Autora rozprawy do podjęcia się realizacji ambitnych badań, których celem było pogłębienie wiedzy o jednym z przejawów wzrostu temperatury Ziemi - cielenia lodowców. Jako narzędzie badawcze wybrał pasywne akustyczne metody obserwacji mające w końcowym efekcie służyć jako pożyteczne narzędzie monitoringu dynamiki procesów.

Jako obszar obserwacji Kandydat wybrał fiord Hornsund. Fiord ten cechuje się znaczną liczbą lodowców, z których część kończy się cielącym się czołem. Światowa Służba Monitoringu Lodowców (WGMS - World Glacier Monitoring Service) od dawna

zakwalifikowała jeden z lodowców, lodowiec Hansa do bazy danych obejmującej 60 wybranych lodowców. Lodowiec ten jest jednym z lepiej badanych i monitorowanych lodowców w Arktyce, co uruchamia synergię wyników prowadzonych badań.

Ponadto w fiordzie tym umiejscowiona jest Polska Stacji Polarnej im. Stanisława Siedleckiego, co z pewnością upraszcza logistykę prowadzonych obserwacji.

Wykorzystanie pasywnych metod akustycznych w obserwacji zjawisk dynamicznych w pokrywie lodowej czy polach lodowych choć jego korzenie sięgają lat siedemdziesiątych, w obszarach aktywnych arktycznych lodowców w fiordach pojawił się stosunkowo niedawno (np. Pettit i Nystuen, 2009, czy Pettit, 2012).

Zadanie to, prowadzone w trudnych warunkach mórz polarnych jest bardzo ambitne i wymagające zaplecza logistycznego, przygotowania intelektualnego i opanowania metodologii pomiarów, a także obróbki danych i umiejętności korzystania z modeli numerycznych.

Format przedstawionej rozprawy doktorskiej, czyli zbiór prac opublikowanych w recenzowanych czasopismach, firmowanych przez znanych i cytowanych współautorów powinien zwolnić mnie z obowiązku poszukiwań uchybień formalnych, błędów edytorskich i innych tego typu niedoskonałości. Niedoskonałości takie winny być zauważone w procesie „peer review” oraz selekcji dokonywanych przez redakcje czasopism. Jednakże, w rozprawie znalazłem kilka kontrowersyjnych dla mnie fragmentów tekstu lub zastosowanej metodyki opisowej czy badawczej.

Przedstawiona do recenzji rozprawa stanowi zbiór 4-rech powiązanych tematycznie prac, opublikowanych w latach w dobrych i bardzo dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Odwołania do literatury przedmiotu, włączając odesłania do własnych, w tym opublikowanych referatach na konferencjach akustycznych i polarnych zawierają 134 pozycji.

Prace te stanowią spójny cykl o tematyce ujętej w sposób właściwy w tytule rozprawy, i są poprzedzone zgodnie z wymaganiami rozporządzeń abstraktem w wersji angielskiej i polskiej.

Choć pierwsza z publikacji jest pracą przeglądową, należy bezpośrednio do cyklu, gdyż cechą immamentną każdej z rozpraw winien być wstęp omawiający osiągnięcia innych badaczy. Zbiór publikacji zgodnie z wymaganiami poprzedzają rozszerzone streszczenia

rozprawy w języku polskim i w języku angielskim liczące po około 13 stron, stanowiące przewodnik po zbiorze publikacji i punktujące osiągnięcia.

Wszystkie prace, wchodzące w skład rozprawy są współautorskie.

Do zestawu publikacji Kandydat nadesłał oświadczenia współautorów poszczególnych prac, z podaniem ich procentowego indywidualnego udziału.

Z załączonych dokumentów wynika, że główny wkład w powstanie kolejnych publikacji wniósł mgr Glowacki. Doktorant brał osobiście w planowaniu obserwacji, uczestniczył w pracach polowych. Współdziałał także w zakresie statystycznej analizy danych. Opisał pokrótce metodykę badań i najistotniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych pomiarów i analiz sygnałów. Wynika stąd, że Jego udział w powstaniu cyklu publikacji w sposób niekwestionowany był nie tylko znaczący lecz decydujący.

Od strony formalnej przedstawiony zbiór publikacji spełnia więc ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

2. Ocena merytoryczna

W obszernej przedstawionej jako pierwsza do w rozprawie publikacji Glowacki O., and M. Moskalik (2014), Application of passive hydroacoustics in the studies of sea-ice, icebergs and glaciers: Issues, approaches and future needs, in Geoplanet - Earth and Planetary Sciences: Achievements, History and Challenges in Geophysics, edited by R. Bialik, M. Majdanski and M. Moskalik, 271–295, Springer-Verlag, Berlin, Germany, dokonano przeglądu dokumentującego historyczny rozwój badań w obszarze akustyki zjawisk lodowych. Obejmuje ona podstawowe istotne zagadnienia zawarte w tytule rozprawy.

Uwzględniono przy tym zarówno interakcje lodu morskiego z oceanem, jak i dynamiczne zjawiska lodowcowe. Te pierwsze dominują w dostępnej literaturze napędzane w przeszłości przez militarne zastosowania hydroakustyki. Większość badań, zwykle datowanych na drugą połowę XX w., dotyczyła obszarów otwartego oceanu, które w ostatnich dziesięcioleciach są z powodzeniem monitorowane przy użyciu bezkontaktowych metod teledetekcji satelitarnej.

Główna ścieżka tamtych badań dotyczyła m. in. propagacji szumów podwodnych w warunkach zalodzenia oceanu lodem morskim, na skraju pól lodowych, obserwacji gór

lodowych, pęknięcia szelfu Antarktyki czy zastosowania szyków hydrofonów w analizie deformacji lodu. Tematy podjęte w rozprawie traktowane były marginalnie.

Wstęp stanowi unikatowy przewodnik po literaturze, w którym zgromadzono najważniejsze informacje pozwalające na ocenę nowości w następujących po nim artykułach stanowiących rozprawę, a także głównych hipotez badawczych i nadrzędnych celów.

Uporządkowano go wg rozdziałów, w których zawarto :

Rozdz. 1. dynamikę zjawisk lodowych na powierzchni morza, oraz ewolucję zmian warunków propagacji pod lodami w tym zmiany współczynnika odbicia fal akustycznych od powierzchni pokrytej lodami. Na zakończenie Autorzy słusznie podkreślają, że pomimo dotychczasowych wysiłków na przestrzeni ponad półwiecza istnieją ciągle nierozwiązane problemy szczególnie dotyczące niewielkich skali procesów jak np. prognozowanie generacji i poziomu szumu w małych akwenach jak fiordy, a także źródeł i propagacji wysokoczęstotliwościowej składowej pod pokrywą lodową.

Rozdz. 2 zawiera informację o źródłach i generacji szumu dla trzech klas źródeł : podczas kolizji mas lodowych, ich rozpadu oraz w przypadku zakotwiczenia na dnie.

Rozdz. 3 dotyczy procesów akustycznych związanych z aktywnością lodowców.

Podsumowując Autorzy zwracają uwagę, że na fakt względnej nowości wprowadzania pasywnych metod akustyki do badań zjawisk lodowych w

A teraz kilka uwag krytycznych :

Nie zgadzam się ze stwierdzeniem Autorów, że cytuję w języku oryginału :

“Arctic and Southern Oceans are extremely noisy places” – choć takie stwierdzenie w atrakcyjny sposób zwraca uwagę odbiorcy na wagę rozpatrywanego problemu, to w rzeczywistości nie są. Zdecydowanie wyższy poziom szumu podwodnego, pochodzącego od składowej antropogenicznej, obserwowany jest w pobliżu tras statków.

Mam także kilka uwag do fragmentów pracy :

np. “Milne and Ganton also showed that underwater sounds recorded under the sea-ice are mostly impulsive and sometimes highly non-Gaussian, which is different from the situation observed during ice-free conditions”. – brak informacji, że dotyczyło to rozkładu chwilowych wartości amplitud szumu jedynie w paśmie częstotliwości kilkuset Hz.

W przytaczanym mało istotnym doniesieniu Greena i Bucka z 1964, Autorzy powołują się na fragment, “ A correlation coefficient for the wind speed and spectrum levels at 50 Hz reached 0.47” – w tamtym okresie nie znano jeszcze pracy Perrone’a, o prawie liniowej

zależności pomiędzy poziomem szumu i logarytmem z prędkości wiatru. Przy obecnym stanie wiedzy należało użyć współczynnik determinacji.

W tej pracy informacje o normalności chwilowych wartościach szumu odnoszą się do innego zakresu częstotliwości niż w poprzedniej. Na co należało w zwrócić uwagę.

Zwracam uwagę na te przykładowe drobne mankamenty, które mogą pojawiać się w przyszłości w publikacjach Autorów co uważam za obowiązek recenzenta. Ponadto, w rozdz. 3 są odniesienia do wyników obserwacji i obliczeń prezentowanych w pracy Tęgowski i inni (2012), gdzie badania statystyk szumu odnoszą się zarówno do chwilowych wartości w pasmach 1/3 oktawy jak i przedstawia się pdf dla poziomów szumu (skala logarytmiczna) na rys. 3.

W kolejnej, skomponowanej przez Doktoranta jako druga część rozprawy pracy autorów Głowacki O., G.B. Deane, M. Moskalik, J. Tęgowski, and P. Blondel (2015a), Two element acoustic array gives insight into ice-ocean interactions in Hornsund Fjord, Spitsbergen, opublikowanej w *Pol. Polar Res.*, 36(4), 355–367, przedstawiono wyniki obserwacji w fiordzie Hornsund mających na celu określenie azymutalnej (czyli na płaszczyźnie poziomej) kierunkowości podwodnego pola szumu. Fiord ten, poza uproszczeniem logistyki obserwacji wybrano ze względu na aktywność znajdujących się tam lodowców.

Skomplikowana batymetria dna fiordu, geometrii linii brzegowej i pola prędkości dźwięku powoduje, że nie są oczywistymi charakterystyki kierunkowe pola szumu. Przyczyną czego mogą być: refrakcja dźwięku, rozpraszanie fal akustycznych na pływających lodach oraz odbicia od dna. Do pomiarów zastosowano jedynie dwuelementową antenę hydrofonów. Ogranicza to kątową rozdzielczość i wbrew powszechnemu pogładowi, zgodnie z teorią, nie wystarcza do precyzyjnego wnioskowania o kierunkowości pola pochodzącego od rozproszonych źródeł. Pomimo zastrzeżeń teoretycznych, co do niezbędnej liczby hydrofonów do określenia pozycji w morzu rozciągniętych źródeł, praktyka m.in. określenia namiarów na wieloryby, czy zastosowania militarne wykazuje wystarczający stopień poprawności.

Wyniki są nadzwyczaj interesujące, i potwierdzające hipotezę o poziomej anizotropii szumu w fiordzie w pewnym zakresie częstotliwości i izotropowym dla częstotliwości wyższych.

W pracy Glowacki, O., M. Moskalik, G. B. Deane (2016), The impact of glacier meltwater on the underwater noise field in a glacial bay, J. Geophys. Res. Oceans, 121, zaprezentowano wyniki pomiarów ciśnienia akustycznego szumu prowadzonych na różnych głębokościach, w różnej odległości i różnych sezonach w fiordzie oraz dokonano próby interpretacji wyników z zastosowaniem modelu numerycznego. Przedstawiono efekty analizy zmian rozkładu przestrzennego pól ciśnienia akustycznego, generowanego na ścianie aktywnego lodowca zależnych od uwarstwienia mas wodnych w fiordzie poprzez pole strat transmisyjnych punktowych źródeł.

Jednym z wyników pracy jest stwierdzenie, że ze względu na sezonowe zmiany profili prędkości dźwięku całoroczny monitoring akustycznych dynamicznych procesów zachodzących na przedpolach lodowców uchodzących do morza związanych z procesami wytapiania (dla $f > 3$ kHz) powinien być prowadzony w pobliżu dna. Natomiast procesy ubytków lodowca w czasie cielenia może być obserwowany w całej toni wodnej.

Stwierdzono, że dzięki koncentracji szumu w podpowierzchniowym kanale akustycznym, przy powierzchni w okresie letnim poziom szumu był nawet o 5 dB wyższy niż samym dnem, co wg Autorów zostało potwierdzone również wynikami modelu.

W prognozowaniu wpływu uwarstwienia mas wodnych na pole szumu generowanego na przedpolu wykorzystano numeryczny model propagacji fal akustycznych „Bellhop” . Model pracuje w oparciu o przybliżenie akustyki geometrycznej. Jednakże ze względu na założenia stosowane w przejściu od zagadnień falowych do geometrycznych ograniczają one od dołu przedział częstotliwości stosowania tej metody.

Autorzy przedstawiają pole strat transmisyjnych źródeł (rys. 14 a-d) rozpoczynając od częstotliwości 100 Hz. Choć przyznają, że przedstawiony tam wynik nie zaprzecza moim wyobrażeniom co do jakościowej poprawności wnioskowania, to właściwym dla przedziału częstotliwości poniżej 1000 Hz byłoby stosowanie modeli falowych.

Warunki stosowania przybliżenia geometrycznego akustyki można streścić następująco : warunek „głębokiego morza” $10\lambda < H$, gdzie λ - długość fali akustycznej, H – głębokość morza, względna zmiana prędkości dźwięku na drodze równej długości fali akustycznej jest mały w stosunku do jedności $(\lambda/c) \frac{dc}{dz} \ll 1$, (z - współrzędna głębokości) oraz grubość warstw wody o odmiennych własnościach akustycznych stanowi przynajmniej kilka długości fali

akustycznej. Ostatnie z warunków są spełnione dla częstotliwości w przybliżeniu od kilku kHz w górę.

W ostatniej pracy z cyklu - Glowacki, O., G. B. Deane, M. Moskalik, P. Blondel, J. Tegowski, and M. Blaszczyk (2015b), Underwater acoustic signatures of glacier calving, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 804–812 za najwartościowszą część tej pracy uznają rozpoznanie wszystkich faz generacji szumu emitowanego podczas cielenia się lodowców wspomagane przez prowadzone równocześnie obserwacje za pomocą kamer i rejestrację podwodnych sygnałów akustycznych. W ten sposób udowodniono także zależność pomiędzy potencjalną energią padających bloków lodu i energią generowanego szumu.

Pozwoliło to na potwierdzenie hipotezy badawczej, że wykorzystując pasywne metody akustyczne możemy monitorować masę/objętość traconego przez lodowiec lodu. Ponadto akustyczny monitoring pozwala na klasyfikację zachodzących procesów - zaproponowano tu trzy typy procesów: podwodne zdarzenie, padanie ślizgających się bloków lodu po części podwodnej oraz najczęściej obserwowanych zdarzeń odpadania bloków bez towarzyszącym poślizgu.

Autorzy (piszę Autorzy, gdyż tacy występują w spisie) podają, że pierwsze ze zjawisk, trudne do analizy innymi niż akustyczne metodami, generuje szum o nachyleniu obwiedni widma 32 dB/kHz dla częstotliwości poniżej 1 kHz.

Widmo szumu dla cielenia z poślizgiem wynosi 24 dB/kHz, jakkolwiek znaczna część energii zawarta jest dla częstotliwości powyżej umownej granicy 1 kHz.

Natomiast dla ostatniego typu zdarzeń średnia wartość nachylenia obwiedni 17 dB/kHz.

Czytając te interesujące dane nasuwa się pytanie dlaczego Autorzy, określają „spectra slope” w niespotykanych w podwodnej akustyce jednostkach [dB/kHz]. Tego rodzaju jednostki spotykane w spektroskopii, w akustyce, a szczególnie w akustyce środowiskowej czy podwodnej akustyce opisującej podwodne szумы i hałasy są niespotykane. Można zacytować dziesiątki jeśli nie setki prac, gdzie za naturalną jednostkę miary nachylenia widma jest dB na oktawę lub dB na dekadę. Generalnie praca uzupełnia częściowo zbieżne badania przeprowadzone m.in. innymi przez E. C. Pettitta'a (Pettit, 2012), rozszerzając zakres opisu parametryzacji sygnałów, i wprowadzając odmienną klasyfikację, choć w ograniczonym od dołu analizowanym przedziale częstotliwości.

Podsumowanie:

Temat dociekań naukowych mgr Oskara Głowackiego zawartych w przedstawionej mi do recenzji rozprawie lokuje się jednym z ważnych nurtów akustyki oceanograficznej i glaciologii oceanologii jak dyscyplin wiedzy w ramach nauk o Ziemi.

Trudne warunki polowe dodatkowo przydają ciężaru gatunkowego Jego pracy. Wody Oceanu Arktycznego , a w szczególności obszar Svalbardu są dosyć czułym barometrem globalnych zmian klimatycznych, szczególnie widocznie aktywizującym się w ostatnich dziesięcioleciach.

Wykorzystanie do monitorowania i dokumentowania zjawisk dynamicznych na czole i w przedpolu lodowców za pomocą pasywnych a być może w przyszłości i aktywnych wniesie nową jakość poznawczą. Ponadto rozprawa poza aspektami czysto poznawczymi koresponduje z bardziej utylitarnymi zagadnieniami.

Wszystkie cztery publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej są wartościowymi, a trzy z nich nowatorskimi dziełami naukowymi wnoszącymi nową wiedzę o zjawiskach akustycznych na przedpolach aktywnych lodowców.

Prace te stanowią badania opisowe, które nie wyjaśniają jeszcze samych mechanizmów zjawisk generacji szumu w rzeczywistości. Jednakże, ranga badań opisowych w relatywnie mniej poznanej dziedzinie zjawisk przyrodniczych jest równie wysoka jak badań wyjaśniających. Autorzy uzyskali unikatowe wyniki obserwacji opisując je w wiarygodny sposób. Tak kompletnego opisu zjawisk w fiordzie jeszcze nie było.

Konkludując powyższe stwierdzam z przekonaniem, że praca Pana mgr Oskara Głowackiego spełnia wszelkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie do Doktoranta do dalszych etapów postępowania.

Ze względu na wysokie walory pracy stawiam wniosek o jej wyróżnienie.

