

Sopot, 2 marca 2015 r.

Dr hab. Jacek Piskozub
Instytut Oceanologii PAN
ul. Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot
email: piskozub@iopan.gda.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr Dariusza Bartłomieja Baranowskiego
pt.: „*Air-sea interaction in tropical atmosphere:*
influence of ocean mixing on atmospheric processes”

Każdy kto zetknął się z fizyką atmosfery, lub przynajmniej meteorologią, wie jak wygląda cyrkulacja atmosferyczna na obracającej się planecie. Składa się z wirów, charakteryzujących się zależnie od kierunku obrotu zwiększonym lub zmniejszonym ciśnieniem. Podobnie zresztą wygląda cyrkulacja oceaniczna. Jedno i drugie jest skutkiem istnienia siły Coriolisa. Intuicja ta przestaje jednak działać w pobliżu równika. Jednak i tam cyrkulacja nie jest nudna. Wzdłuż równika przesuwają się nad oceanami, w kierunku wschodnim, liniowe odpowiedniki niżów, zwane zjawiskami Maddena-Juliana od nazwisk naukowców, którzy pierwsi opisali je 44 lata temu.

Zjawiska te mają istotne znaczenie dla pogody i klimatu rejonów tropikalnych od wschodnich wybrzeży Afryki poprzez Ocean Indyjski, Południowo-Wschodnią Azję, Australię, wyspy Pacyfiku aż do zachodnich wybrzeży Ameryki. Ich natura jest jednak ciągle tylko częściowo wyjaśniona, a modele cyrkulacji nie potrafią ich realistycznie odtworzyć, pomimo wyraźnych postępów w ich modelowaniu. Zjawiska te „wykorzystują” atmosferyczne fale Kelvina emitowane na wschód i fale Rossby'ego (planetarne) emitowane na zachód dla zamiany ciepła utajonego na energię mechaniczną, posuwając się w kierunku wschodnim z powodu różnej prędkości przemieszczania się obu rodzajów fal. Tak przynajmniej wynika z tzw. mechanizmu Matsuno-Gilla, dominującej teorii dynamiki tego zjawiska. Jest to o tyle ciekawe, że El Niño na Pacyfiku rozwija się w bardzo podobny sposób, wykorzystując oceaniczne fale Kelvina i Rossby'ego dla przesuwania się na wschód. Świadczy to o uniwersalności dynamiki zjawisk równikowych mimo różnych o kilka rzędów wielkości parametrów dynamicznych wody i powietrza.

Właśnie zjawiskom Maddena - Juliana, a dokładniej znaczeniu wymiany ocean-atmosfera dla ich propagacji, a w szczególności związanych z nimi fal Kelvina poświęcona jest recenzowana rozprawa doktorska mgr Dariusza Bartłomieja Baranowskiego zatytułowana „*Air-sea interaction in tropical atmosphere: influence of ocean mixing on atmospheric processes*”.

Praca napisana jest w nowoczesny sposób, składając się z kilku (dokładnie czterech) rozdziałów tematycznych, poprzedzonych wstępem i zakończonych podsumowaniem. Wydaje mi się to zaletą bo wiem z doświadczenia jak trudno czyta się prace doktorskie o podobnej długości w formacie „klasycznym”, starającym się zachować formę pojedynczego artykułu („stan wiedzy, metody, wyniki, dyskusja i wnioski”). Taki wybór formatu jest też zapewne spowodowany tym, że jeden z rozdziałów (Rozdział 2) jest rozwinięciem już opublikowanego artykułu naukowego. Część metodologii, mogącą przeszkadzać w płynnym śledzeniu wywodu umieszczono w kilku dodatkach na końcu rozprawy, co też jest praktyka coraz częściej spotykaną i moim zdaniem słuszną. Język angielski rozprawy jest poprawny, pozwalając na przyjemną lekturę chociaż widoczne jest że nie jest to pierwszy język ani doktoranta ani żadnego z dwóch promotorów pracy. Jednak mimo to cieszę się, że praca powstała w języku angielskim nie tylko ze względu na większą potencjalną liczbę czytelników, ale także na brak (moim zdaniem) precyzyjnej terminologii nazw niektórych stosowanych metod i opisywanych zjawisk, co widać już po porównaniu pierwszych zdań streszczenia w języku polskim i angielskim (gdzie „przepływy atmosferyczne” zastępują w polskiej wersji szereg konkretnych nazw zjawisk z angielskiej wersji). Ktoś oczywiście powinien to naprawić, pisząc podręcznik klimatu tropików; jednak zgadzam się, że praca doktorska nie jest najlepszym miejscem na testowanie nowej polskiej terminologii.

Rozdział pierwszy „Wstęp” opisuje badane zjawisko oraz eksperymenty i ekspedycje, z których dane wykorzystane są w pracy. Ciekawe byłoby dowiedzieć się czy i jaką rolę pełnił doktorant w tych eksperymentach, szczególnie w CINDY/DYNAMO, niezwykle zaawansowanych badaniach meteorologicznych i oceanograficznych, obejmujących również użycie podwodnych bezzałogowych szybowców (SeaGliders). Czuję również pewien niedosyt w opisie zjawisk Maddena – Juliana, a w szczególności ich związku z tak ważnymi później w pracy atmosferycznymi falami Kelvina. Trudno nawet stwierdzić jaki stosunek do mechanizmu Matsuno – Gilla ma doktorant. Chyba pozytywny ponieważ praca Gill (1980) jest później wykorzystywana. Jednak ani w tym rozdziale ani nigdzie indziej nie wspomina się o pracach, rozwijających idee Matsuno i Gilla dla przesuwającego się na wschód źródła ciepła, najbardziej realistycznego modelu fizycznego zjawiska Maddena-Juliana jaki znalazłem w literaturze. Dla przykładu nie jest cytowana ani praca Matsuno (1966), poprzedzająca pracę Gilla, ani ważna praca Chao (1987), uogólniająca te modele, która mi osobiście pozwoliła zrozumieć znaczenie fal Kelvina dla propagacji zjawiska Maddena-Juliana. Podkreślę tu jednak, że są to wyjątki w ogólnie bardzo bogatej i aktualnej bibliografii pracy doktorskiej.

Z drobniejszych wad tego rozdziału wymienię nieco kontrowersyjne stwierdzenie ze strony 11 (nie podające źródeł), że najcieplejszy rejon tropików między oceanami Indyjskim i Spokojnym (tzw „warm pool”) dostarcza większość energii globalnej cyrkulacji. Abstrahując nawet od kwestii jak liczyć tę energię (czy chodzi o lokalną entalpię czy też bardziej poprawnie o różnicę temperatur między różnymi regionami planety), nie wydaje mi się aby była to prawda nawet dla konwekcji atmosferycznej, nie wspominając już o globalnej cyrkulacji atmosferycznej, a już na pewno nie dla globalnej cyrkulacji oceanicznej (ze względu na bardzo stabilną stratyfikację oceanu w tropikach). Sądzę, że omawiane stwierdzenie jest jakimś niezbyt szczęśliwym skrótem myślowym. Natomiast do uchybień jedynie redakcyjnej natury zaliczyłbym brak wyjaśnienia co oznacza „ER wave” w opisie rysunku 1.2. Zgaduję, że „Equatorial Rossby”.

Rozdział drugi o powierzchniowej dziennej warstwie Oceanu Indyjskiego (pozwoliłem tu sobie na próbę przetłumaczenia nazwy angielskiej) stanowi rozwinięcie materiału z artykułu Matthews i inni 2014, którego doktorant jest drugim autorem. Opisywane wyniki dotyczące m. in. stwierdzenia istnienia nieznanej dotychczas dziennej zmienności temperatur wód powierzchniowych, stwierdzenia od jakich czynników zależy ona, wymodelowanie zasięgu geograficznego zjawiska oraz oszacowanie jakie błędy powoduje nieuwzględnienie jego istnienia uważam za istotne osiągnięcie naukowe, zwiększające naszą wiedzę o wymianie ocean-atmosfera w tropikach. Artykuł naukowy był już recenzowany. Nie jest zatem dziwne, że trudno doszukać się większych problemów w materiale prezentowanym w tym rozdziale. Można jedynie skrytykować pewne dłużyzny, sprawiające że czyta się ten rozdział nieco trudniej niż pozostałe.

Teoretycznie można by skrytykować również wyliczanie koncentracji chlorofilu z pomiarów jego fluorescencji w celu określenia wielkości absorpcji związanej z fotosyntezą w powierzchniowej warstwie oceanu. Sama fluorescencja jest mianowicie lepiej skorelowana z absorpcją niż koncentracja chlorofilu. Jednak w tym wypadku tak wyliczoną koncentrację chlorofilu traktować można po prostu za fluorescencję przeliczoną na inną jednostkę (czym w istocie jest, bardziej niż rzeczywiście występująca w środowisku ilość chlorofilu), co powoduje, że użycie takiej wielkości nie powinno wpłynąć na uzyskane wyniki. Z drobnych pomyłek w Rozdziale 2 jakie zauważyłem warte jest wymienienie błędnego zakresu równoleżnikowego obszaru badanego na str. 22 (0° S do 0° N zamiast 10° S do 0° N). Natomiast zasolenie praktyczne (str. 24 i gdzie indziej), czyli określane przy pomocy pomiaru przewodnictwa wody morskiej, według swojej oficjalnej definicji nie ma jednostki (mam obowiązek poprawiać ten błąd jako polski członek międzynarodowej organizacji oceanografów fizycznych IAPSO, jednak przy pełnej świadomości faktu, że popełniany jest on przez ponad 90% oceanografów fizycznych dodających PSU za wartością zasolenia).

Rozdział trzeci pracy dotyczy generacji fal Kelvina w badanym obszarze równikowego oceanu. Jest on naturalną kontynuacją poprzedniego gdyż badany jest tu wpływ dziennych zmian powierzchniowej temperatury wody opisanych w Rozdziale 2 na ilość wygenerowanych fal, jak również zmian temperatury wody spowodowanych przejściem fali Kelvina i zwiększone prawdopodobieństwo wygenerowania w ten sposób kolejnej w obszarze zmniejszonej konwekcji za poprzednią. Jeśli dodać, że omawiane są wyniki modelowania generowania fal Kelvina i Rossby'ego przez przesuwające się źródło ciepła (czyli modelowanie mechanizmu Matsuno – Gilla) to rozdział ten jawi się jako prawie równie mocny jak poprzedni. Byłby jednak jeszcze mocniejszy gdyby doktorant przeprowadził analizę statystyczną dowodzącą nieprzypadkowości niektórych z uzyskanych wyników. Na przykład stwierdzenie, że podczas dwóch pór roku na Oceanie Indyjskim występuje łącznie więcej niż 50% fal Kelvina (str. 59) wydaje się oczywistą konsekwencją istnienia tylko 4 pór roku jeśli nie poda się dokładnej wartości i jej przedziału ufności (lub choćby istotności statystycznej chociaż tego pojęcia osobiście radzę unikać). Co nawet ważniejsze, ciekawe wnioski na temat częstszego występowania fal Kelvina w rejonach gdzie w ogólności jest ich więcej mogą być prostą konsekwencją faktu, że rok ma skończoną liczbę dni. Patrząc na wykresy mam wrażenie, że nie są to wyniki przypadkowe ale trudno być pewnym bez dobrej analizy prawdopodobieństwa wystąpienia danej liczby powtórzeń zjawisk w przeciągu np. 5 dni przy określonej ich liczbie sumarycznej w ciągu 365 dni oraz określonym minimalnym okresie pomiędzy dwoma falami (można by do tej analizy zastosować np. modelowanie Monte Carlo).

Z drobnych redakcyjnych błędów Rozdziału 3 wymienię manierę podawania długości i szerokości geograficznych, w której 15° S zapisywane jest jako -15° N, a 50° W jako -50° E (wygodną z praktycznych względów przy programowaniu ale dziwną przy opisywaniu wyników). Przy okazji jeden z wirów widocznych na rysunku (str. 59) ma moim zdaniem pozycję (w tej konwencji) [-15° N, 50° E], a nie [-15° N, 100° E] jak podano. Nie jest też dla mnie jasne dlaczego rysunki schematyczne 3.23 i 3.24 mają wschód po lewej stronie.

Kolejny rozdział, czwarty, poświęcony jest wpływowi fal Kelvina na temperaturę powierzchniowej warstwy morza. W tym momencie pracy widać już, że jej ambicją jest całościowe przebadanie zjawisk wymiany ocean-atmosfera związanych z tymi falami. Uzyskane wyniki na temat wpływu fal Kelvina na strumienie płynące przez powierzchnię morza w różnych fazach zjawiska Maddena-Juliana są istotnym osiągnięciem. Mam wrażenie, że doktorant spodziewał się silniejszego niż wykryty efektu przechodzących fal Kelvina, jednak waga osiągnięcia nie zależy bezpośrednio od wielkości wykrytych efektów. A te wykryte są wystarczająco duże aby wytłumaczyć np. seryjne

występowanie fal Kelvina oraz aby spowodować mierzalne efekty podczas aktywnej fazy zjawiska Maddena-Juliana.

Ostatni rozdział merytoryczny, piąty, opisuje zjawisko synchronizacji fazy fal Kelvina nad Oceanem Indyjskim i archipelagami dzielącymi go od Pacyfiku. Odkrycie, że fale Kelvina mają tendencję do przechodzenia nad danymi obszarami w określonej porze dnia na całym oceanie Indyjskim, a szczególnie w rejonie „Kontynentu Morskiego” (okolic wysp Indonezji i Nowej Gwinei) uważam za niezwykle ważne. Jest ono tym istotniejsze, że doktorantowi udało się wykazać, mechanizm fizyczny tej synchronizacji fazy oraz prędkości fal Kelvina którym udaje się przejść na Pacyfik. Te „szczęśliwe” fale wykorzystują mianowicie dobowe maksima konwekcji które występują w dzień nad wyspami (szczególnie Sumatrą i Borneo) i w nocy nad oceanem. Rozdział ten stanowi piękne domknięcie pracy. Jeśli muszę coś skrytykować (a zasadniczo muszę) to jedynie formę narracji w której za mało podkreśla się, że podział fal Kelvina nad Oceanem Indyjskim na „zablokowane” i „niezablokowane” jest podziałem *a posteriori*, stworzonym na podstawie wiedzy o ich późniejszym losie. Tekst jest pisany tak, że łatwo o tym zapomnieć i zyskać fałszywe wrażenie, że jest całkowicie naturalne iż są one rozróżnialne już nad Oceanem Indyjskim. A jednak są (przynajmniej statystycznie), i wykazanie tego jest właśnie częścią osiągnięcia naukowego doktoranta. Nie zmienia to faktu, że niektóre wnioski, np. o różnicach w częstotliwości tych dwóch typów fal o różnych godzinach nad Oceanem Indyjskim (rys. 5.21) czy o prawdopodobieństwach propagacji przez „Kontynent Morski” należało poprzeć bardziej rygorystyczną analizą statystyczną, przynajmniej polegającą na obliczeniu przedziałów ufności uzyskanych wyników (i pewnie trzeba będzie przy publikacji w czasopiśmie naukowym). To, że rozdział ten jest przygotowywany do tego typu publikacji widoczne jest w freudowskiej pomyłce na początku jego streszczenia, gdzie dla jego określenia zamiast „chapter” użyto słowa „paper”. Nie do końca też zgadzam się ze stwierdzeniem ze str. 137 (przy opisie rysunku 5.18), o tym że wielkość opadów związanych z falą Kelvina nad Oceanem Indyjskim nie determinuje prawdopodobieństwa jej zablokowania nad „Kontynentem Morskim”. Z rysunki 5.18 widać, że fale Kelvina związane z małymi opadami ($<0,5 \text{ mm h}^{-1}$) mają znacznie mniejszą szansę na propagację (dla $0,1 \text{ mm h}^{-1}$ praktycznie zerową). Tu także „kłania się” zbyt mało rygorystyczna analiza statystyczna. Mimo tych drobnych wad uważam rozdział piąty za jeden z dwóch najmocniejszych w pracy. Zarówno ten rozdział jak i Rozdział 2 można by łatwo rozbudować do dobrej pracy doktorskiej.

Praca zakończona jest podsumowującym Rozdziałem 6, dlatego i w recenzji czas na podsumowanie. Uważam, że pomimo wyżej wymienionych drobnych wad, praca doktorska mgr.

Baranowskiego stanowi bardzo dobry zestaw powiązanych ze sobą osiągnięć naukowych, a zarazem kompleksową analizą zjawisk na styku ocean-atmosfera związanymi ze zjawiskiem Maddena-Juliana, ze szczególnych uwzględnieniem związanych z nim fal Kelvina. Jej wyniki mają praktyczne zastosowanie np. jako poprawki do strumieni w modelach cyrkulacji w tropikach. Powiązanie poszczególnych części rozprawy jest nie tylko formalne. W istocie praca ma formę analogiczną do symfonii, gdzie pewne wątki zaznaczone są w jednej części utworu aby powrócić z pełną siłą w późniejszej. Przy tym należy zaznaczyć, że element nowości obecny jest w każdym rozdziale pracy, a wręcz ją definiuje. Nie mam zatem wątpliwości, że recenzowana praca stanowi „oryginalne rozwiązanie problemu naukowego”. W związku z tym mogę bez wahania stwierdzić, że:

Rozprawa przedstawiona do recenzji spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w świetle obowiązujących przepisów. Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy doktorskiej. Ponieważ poproszono mnie o przedstawienie w takim wypadku „*krótkiego syntetycznego uzasadnienia*” takiego wniosku, oświadczam, że moim zdaniem:

Praca porusza cały szereg zagadnień związanych z wzajemnym oddziaływaniem oceanu i atmosfery podczas równikowych zjawisk Maddena – Juliana, stanowiąc kompleksową analizę całościowo obejmującą wszystkie aspekty tego zjawiska. Jej zakres jest niezwykle ambitny a wyniki są na światowym poziomie i nadają się do publikacji w najlepszych czasopismach geofizycznych (część pracy była już nawet opublikowana). Co najmniej niektóre z osiągnięć metodologicznych pracy wręcz powinny być zaimplementowane w modelach cyrkulacji atmosferycznej i oceanicznej dla lepszego odwzorowania istotnego dla klimatu tropików zjawiska Maddena-Juliana.

Na zakończenie chciałbym życzyć doktorantowi dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

J. Piśkożub