

Warszawa, 24 sierpnia 2017 r.

prof. dr hab. Janusz Wojciech Krzyściński
Instytut Geofizyki PAN
01-452 Warszawa
ul. Księcia Janusza 64

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Tomasza Neumanna pt. „Modelowanie pola światła w gęstych ośrodkach optycznych”

Treść rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 117 stron i składa się ze streszczenia w języku polskim (3 strony), streszczenia w języku angielskim (3 strony), 7 rozdziałów kolejno zatytułowanych: Podstawy teoretyczne (Roz.1, 27 stron), Wykorzystane narzędzia (Roz. 2, 10 stron), Propagacja światła w morzu w obecności skończonej chmury pęcherzyków gazowych (Roz.3, 13 stron), Wpływ pęcherzyków gazowych na strefę eufotyczną (Roz.4, 7 stron), Asymptotyczne pole światła (Roz.5, 8 stron), Wpływ pęcherzyków gazowych na stopień polaryzacji światła w strefie przyboju (Roz.6, 7 stron), Transmisja światła przez chmury (Roz.7, 9 stron), Podsumowanie (Roz.8, 3 strony), Dodatek w tym podziękowania (7 stron), Spis Rysunków i Tablic (70 rysunków i 5 tablic, 8 stron) i Bibliografia (78 pozycji, 6 stron) .

W rozdziałach 3-7 zastosowano metodykę Monte Carlo w komputerowych symulacjach pola światła w gęstych ośrodkach optycznych, która polega na śledzeniu trajektorii fotonów w ośrodku o zadanych parametrach charakteryzujących procesy absorpcji i rozpraszania fotonu. Strukturę przestrzenną pola światła uzyskuje się zliczając fotony, które dotarły do danego obszaru ze stałego źródła fotonów. Metoda wymaga użycia wielkiej liczby fotonów nawet miliardów, aby zminimalizować błąd rozkładu przestrzennego średniej liczby fotonów uzyskanego w skończonej liczbie symulacji. Przeprowadzone eksperymenty numeryczne w rozdziałach 3-7 dotyczą kolejno:

- 3-D pola światła w stratyfikowanym morzu z występującą centralnie cylindryczną chmurą silnie rozpraszającą fotony, co miało reprezentować pęcherzyki gazowe zawieszony w wodzie,
- wpływu rozpraszania w warstwie pęcherzyków gazowych o zadanej koncentracji i wymiarze na pionowe profile oświetlenia odgórnego i oddolnego w zakresie długości fal użytecznych do fotosyntezy od 400 nm do 700 nm,

- zbadanie profilu pionowego refleksyjności oświetlenia odgórnego, średniego cosinusa rozpraszania oświetlenia odgórnego i współczynnika dyfuzyjnego osłabiania pola światła w morzu przy różnych konfiguracjach współczynników absorpcji i rozpraszania, parametrów źródła fotonów i stanu powierzchni morza w celu wyznaczenia asymptotycznych własności pola światła,
- wyznaczenie stopnia polaryzacji radiacji wychodzącej z płytkiego morza w zależności od własności rozpraszających zawiesiny pęcherzyków gazowych i wielkości albedo dna morskiego,
- ocena transmisji i odbiciowości jednorodnej chmury złożonej z kropelek lub kryształów lodu o zadanej grubości optycznej

Ocena Ogólna

A). Metoda Monte Carlo, która jest podstawowym narzędziem stosowanym w rozprawie w analizie wybranych przypadków propagacji światła widzialnego w wodzie i atmosferze, była wcześniej wykorzystana przez innych autorów i to w analizie podobnych przypadków (np. przy ocenie roli pęcherzyków powietrza w zwiększeniu odbiciowości powierzchni morza: Monte Carlo simulation of spectral reflectance and BRDF of the bubble layer in the upper ocean, Ma et al., *Optics Express*, 23(19), 24274-24289, 2015). W rozprawie nie pojawił się przegląd zagadnień dotyczących modelowania pola światła w atmosferze i oceanie, które były wcześniej rozwiązywane z zastosowaniem tej metody.

B). Autor rozprawy nie podejmuje dyskusji na ile jego algorytm jest nowatorski i prowadzi do nowych wniosków i lepszych lub szybszych rozwiązań w porównaniu z wcześniejszymi aplikacjami. Czytając pracę można odnieść wrażenie, że metoda Monte Carlo była po raz pierwszy zastosowana w przedstawionej rozprawie doktorskiej w analizie wybranych zagadnień propagacji światła w gęstych ośrodkach. Tymczasem istnieją gotowe aplikacje do pobrania z Internetu umożliwiające zastosowania symulacji Monte Carlo (np. pakiet MYSTIC w ramach Libradtranu, Mayer (2009), *Radiative transfer in the cloudy atmosphere. European Physical Journal Conferences.*, 1:75-99, 2009, http://www.libradtran.org/doku.php?id=basic_usage#play_around_with_mystic)

w modelowaniu wybranych realnych zagadnieniach propagacji światła w ośrodku w tym także i zagadnień związanych z polaryzacją światła (<http://omlc.org/software/polarization/>). Obecnie nie jest problemem budowa aplikacji, choć i na tym polu można prowadzić badania naukowe, ale zastosowanie tej metody do oceny skomplikowanych 3-D efektów w realnych

sytuacjach propagacji światła w ośrodku (patrz przykłady zastosowania metody Monte-Carlo w symulacjach propagacji światła w przypadku zachmurzonej atmosfery na stronie <http://www.bmayer.de/index.html?mystic.html&l>). Tymczasem autor rozprawy stosuje 3-D symulacje Monte Carlo tylko w jednym uproszczonym przypadku (rozdział 3) dla oceny zmian w polu światła indukowanym przez pęcherzyki powietrza znajdujące się w przypowierzchniowym walcu. Pozostałe zastosowania metody (rozdziały 4-7) ograniczają się do przypadku jednowymiarowego, który można próbować rozwiązać szybkimi tradycyjnymi metodami. Autor w rozdziale 5 tylko sygnalizuje zasadnicze różnice między wynikami uzyskanymi z zastosowaniem innej metody, lecz nie prowadzi dogłębnej oceny przyczyn tych różnic. Ten obszar wymaga zdecydowanie większej uwagi.

C). Autor rozprawy w końcowym fragmencie przedmowy stwierdza, że „Zaprezentowane wyniki są tylko fragmentem możliwości zaprezentowanej aplikacji obliczeniowej. Należy więc dążyć do rozwoju tej metody symulacyjnej Mogłoby to umożliwić szybką weryfikację scenariuszy związanych z modyfikacją pola światła w wyniku zmian właściwości rzeczywistych ośrodka” Tak jest już od wielu lat o czym autor rozprawy nie jest świadomy. (np. Flatau et al., Asymptotic light field in the presence of a bubble-layer, Optic Express, 5(5),120-124, 1999, rozprawa doktorskiej Marca Schrodera z 2004 r. Multiple scattering and absorption of solar radiation in the presence of three-dimensional cloud fields, https://userpage.fu-berlin.de/geoiss/ress/diss/Dissertation_Schroeder_Marc.pdf).

D). Przedstawione w rozprawie modelowanie propagacji światła z zastosowaniem źródła fotonów dochodzącego do powierzchni morza z jednego kierunku jest daleko idącym uproszczeniem, bowiem w realnych sytuacjach do powierzchni morza dociera promieniowanie bezpośrednie z kierunku tarczy słonecznej i promieniowanie rozproszone przychodzące z całej półsfery. W sytuacji wysokich kątów zenitalnych Słońca składowa rozproszeniowa jest dominująca, gdy tymczasem w modelu rozważania prowadzone są tylko dla jednego przypadku tj. promieniowania bezpośredniego. Rozważania autora przy założeniu „czarnego nieba” powodują, że rezultaty symulacji mają czysto akademicki charakter (co byłoby cenne w sytuacji zaprezentowania nowego algorytmu, a nie w sytuacji, gdy podejście Monte Carlo stosowane jest od lat) i sygnalizują jedynie konieczność podjęcia bardziej szczegółowych badań mających przełożenie na rzeczywiste sytuacje propagacji światła.

E). Duże różnice w wynikach uzyskanych z zastosowaniem różnych parametryzacji funkcji rozpraszania dla wyznaczania asymptotycznego pola światła w zagadnieniach

przedstawionych w rozdziale 5 (Rysunek 47) sugerują, że także w innych rozdziałach (zwłaszcza rozdział 3 i 6) powinna być zaprezentowana tego typu analiza i ocena w jakim stopniu wyniki są zależne od metody parametryzacji funkcji rozpraszania.

F). Uważam, że wyżej wymienione wyniki autora uzyskane w sytuacji szeregu uproszczeń dotyczących źródła światła i zastosowanej konfiguracji modelu (np. brak źródeł rozpraszających w atmosferze w postaci aerozolu morskiego, mono dyspersyjność pęcherzyków powietrza), a zwłaszcza ograniczenia się w obliczeniach do fal z zakresu widzialnego, nie upoważniają do daleko idących wniosków dotyczących schładzania powierzchni wody w projektach geo-inżynieryjnych, funkcjonowania ekosystemów morskich i wykorzystania polaryzacji do identyfikacji własności zawiesiny pęcherzyków gazowych w wodzie. Uzyskane wyniki mogą jednak stanowić punkt wyjścia do opisu rzeczywistych zjawisk radiacyjnych zachodzących w oceanie.

G). W ocenie recenzenta nowatorskim aspektem rozprawy jest :

- (a) stwierdzenie specyficznych właściwości oświetlenia zwłaszcza odgórnego i albedo w zależności od wielkości charakteryzujących fizyczne własności warstwy pęcherzyków powietrza zawieszonych w wodzie (koncentracja pęcherzyków w wodzie, rozmiar, pokrycie pęcherzyków substancją powierzchniową czynną - surfaktantem).
- (b) ocena efektu polaryzacyjnego światła na granicy woda-atmosfera w płytkiej wodzie będącą wypadkową polaryzacji indukowanej od dna morskiego i pęcherzyków gazowych

Ocena Szczegółowa

W tej części recenzji rozprawy doktorskiej wymieniono kolejno (strona po stronie) fragmenty rozprawy wymagające poprawy lub szerszego omówienia

1. Rozdział 1 str 13: „, pozorne wielkości opisujące podwodne pole światła” – czy słowo „pozorne”, może zastąpić innym terminem, gdyż sugeruje błędną lub nieprecyzyjną wielkość fizyczną,
2. Rozdział 1 str 13: „częstotliwość fali nie zmienia się wskutek oddziaływania światła z ośrodkiem materialnym” - są przypadki, gdy się zmienia np. w efekcie Ramana.

3. Rozdział 1 str 14: „Słońce jako ciało doskonale czarne o charakterystycznej temperaturze” – widmo energii promieniowania słonecznego docierającego do górnej granicy atmosfery wskazuje, że Słońce nie jest ciałem doskonale czarnym, lecz jest to pewne przybliżenie.
4. Rozdział 1 str 17: „Dzienne światło słoneczne docierające do powierzchni morza zawiera się w przedziale fal około 350 nm do 700 nm. Światło nadfioletowe nie dochodzi do powierzchni morza ze względu na absorpcje przez ozon, zaś światło podczerwone jest pochłaniane przez gazy cieplarniane. W związku z tym „okno transmitancji” przypada w przybliżeniu na zakres światła widzialnego”. Są to nieprawdziwe stwierdzenia zarówno ozon jak i gazy cieplarniane pochłaniają jedynie część promieniowania słonecznego. Zwłaszcza promieniowanie podczerwone ma duże znaczenie w bilansie energii dla promieniowania krótkofalowego (słonecznego).
5. Rozdział 1 str 21: „gdy cząstka ma dużo mniejsze lub porównywalne rozmiary z długością fali można stosować teorię rozpraszania Rayleigha,..... W przypadku zawieszin morskich, których rozmiary są dużo większe od długości fali.... do opisu procesu rozpraszania stosuje się rozpraszanie Mie”. Rozproszenie Rayleigha stosuje się tylko, gdy cząstka jest znacznie mniejsza od długości fali, a rozproszenie Mie już w sytuacji gdy wymiary cząstki są porównywalne z długością fali.
6. Rozdział 1 str 23: „W przypadku braku falowania źródłem pęcherzyków gazowych mogą być pęcherzyki powstałe w wyniku procesu załamania się fal...” Czy fale mogą się załamywać bez braku falowania? Właściwie należałoby w rozprawie używać terminu łamanie fal, które bliżej odpowiada angielskiemu terminowi *breaking*. W optyce załamanie fali to zmiana kierunku propagacji fali, a nie utrata stabilności przez falującą powierzchnię.
7. Rozdział 1 str 22/23. „większe zaś (chodzi o pęcherzyki, przypomnienie recenzenta) unoszą się ku powierzchni morza wraz z jednoczesnym wzrostem objętości pęcherzyka”. Czyli symulując warstwę pęcherzyków powietrza zawieszonych w morzu powinniśmy uwzględnić ten efekt, gdy tymczasem w całej pracy przyjmuje się taki sam rozmiar pęcherzyków bez względu na ich lokalizację w wodzie.
8. Rozdział 1 str 27: „współczynnik nachylenia Junge opisującego hiperboliczność cząstek rozpraszających „ autor miał zapewne na myśli hiperboliczność rozkładu widmowego cząstek rozpraszających.
9. Rozdział 1 str 30: „W niniejszej pracy równanie (39) zostanie rozwiązane metodą Monte Carlo” Równanie (39) jest jednowymiarowe, a istotą metody Monte Carlo jest możliwość 3-D zastosowań i takie podejście zastosowano w rozdziale 3. W rozprawie doktorskiej, więc

nie tylko rozwiązuje się uproszczone równanie przenoszenia radiacji i to należało zaznaczyć w tym miejscu.

10. Rozdział 1 str 30: „, tzw. pozorne właściwości optyczne ośrodka ,które zależą od rzeczywistych właściwości optycznych i aktualnych warunków oświetlenia”. Termin pozorne właściwości ośrodka jest wieloznaczny, czy nie można użyć innego terminu?

W całym rozdziale 1.4 recenzent nie znalazł wyjaśnienia, które z wymienionych wielkości są „pozorne” i dlaczego?

11. Rozdział 1.7. Rozdział jest zbyt skrótowy i pomija szereg ważnych własności chmur (np. widmo cząstek chmurowych, promień modalny, związek między wodą zawartą w chmurze a jej grubością optyczną itp.).

12. Rozdział 1.7 str 39. „Zostanie przeprowadzony szereg symulacji pola światła w chmurach, aby wykazać poprawność równania (70)”.

Autor rozprawy stosuje metodykę Monte Carlo dla przypadku jednowymiarowej i jednorodnej chmury. Tego typu problemy i bardziej złożone zagadnienia są rozwiązywane stosując mniej pracochłonne algorytmy rozwiązywania równania transferu np. metoda DISORT. Recenzent uważa, że modelowania chmur w konfiguracji zaproponowanej przez autora rozprawy jest bardzo daleko idącym uproszczeniem (np. czarne niebo) i nie wnosi nic nowego poza cząstkowym sprawdzeniem poprawności samej metody, a nie równania (70). Równanie (70) obowiązuje w realnych warunkach (z uwzględnieniem rozproszonego promieniowania słonecznego i pełnego widma słonecznego).

13. Rozdział 2 (opis metody Monte Carlo). W tym miejscu, jak to wcześniej dyskutowano w ogólnej ocenie pracy, powinien pojawić się przegląd prac stosujących podejście Monte Carlo w modelowaniu zjawisk zachodzących w morzu i atmosferze.

14. Rozdział 2, wzór (81). Niepotrzebne $d\tau$.

15. Rozdział 2. Ścieżka fotonu w ośrodku str 45: „gdy ξ (liczba pseudolosowa) $< \omega_0$ (albedo pojedynczego rozpraszania) , to foton zostaje zaabsorbowany”. Wydaje się, że znak nierówności powinien być w przeciwną stronę tj „ $>$ ”.

16. Rozdział 3. Propagacja światła w morzu w obecności skończonej chmury pęcherzyków gazowych. Autor rozprawy prezentuje pewną konfigurację obliczeniową modelu (chmura cylindryczna zanurzona w morzu), ale nie precyzuje w jakim stopniu ta konfiguracja symuluje rzeczywistą chmurę pęcherzyków zawieszonych w wodzie np. czy przyjęty współczynnik rozpraszania w chmurze jest w miarę realny w sytuacji występowania pęcherzyków powietrza w wodzie. Autor nie podaje, dla jakiej długości fali światła przeprowadzono obliczenia i jaką zastosowano metodę aproksymacji funkcji fazowej. Czy pole światła byłoby

inne, jeśli porównanie dotyczyłoby efektów wprowadzonych przez krótką i długą falę widzialną (np. 400 nm i 700 nm) i zastosowano by różne przybliżenia funkcji fazowej?

17. Rozdział 3 str. 51. „, w przypadku, gdy wyliczone współrzędne fotonu znajdowały się poza wymiarami przyjętego prostopadłościanu, dokonywane było przeliczenie współrzędnych w ten sposób, że foton pojawiał się po przeciwnej stronie prostopadłościanu, propagując się dalej w ośrodku”. Foton, który pojawił się po lewej stronie zapewne miał szansę przejścia przez chmurę i jeśli pojawił się po przeciwnej stronie, to reprezentuje foton, który wcześniej rozproszył się w chmurze pęcherzyków. W tej sytuacji autor rozprawy stosuje okresowe tzw. okresowe warunki brzegowe i modeluje efekt wprowadzony nie przez jedną chmurę, ale naprzemienny nieskończony ciąg: woda-chmura. Taki komentarz powinien pojawić się w tym rozdziale.

18. Rozdział 3 str. 57. Rysunek 30. Wydaje się, że obszar czerwony i mocno czerwony (czyli obszar w którym występuje podwyższone albedo) powinien być mniejszy w przypadku słabszego rozpraszania w chmurze niż w przypadku silnego rozpraszania, gdy tymczasem jest na odwrót.

19. Rozdział 3 str. 57. Rysunek 31. Skala barw dla rysunku z lewej strony (większy współczynnik rozpraszania przez elementy chmurowe) powinna być inna niż skala barw dla rysunku z prawej strony. Utrudnia to wizualną analizę oceny różnic między przypadkiem dużego i słabego rozpraszania w chmurze.

20. Rozdział 3 str. 59. Rysunek 33 ma zły podpis. W tym przypadku przedstawiono nie oświetlenie wektorowe, ale refleksję oświetlenia odgórnego.

21. Rozdział 3, str. 61. Na rysunku 36 oś pozioma powinna być oznaczona przez x , a nie y .

22. Rozdział 3, str. 61. „...jeśli kąt zenitalny Słońca zwiększy się od 30^0 do 60^0 ”. Wobec założonego „czarnego nieba” lepiej użyć terminu kąt zenitalny źródła fotonów.

23. Rozdział 4, str. 63. Autor rozprawy stwierdza, że „brak prac na temat charakterystyki radiacji wokół chmury pęcherzyków gazowych był inspiracją do rozwiązania równania przenoszenia radiacji w takim ośrodku za pomocą metody Monte Carlo”. Jest to nieprawdziwe stwierdzenie istnieją takie prace np. patrz wymieniona w ocenie ogólnej publikacja Ma et al. (2015). Wyszukiwarka „Google Scholar” zapewne może dostarczyć całej listy prac na ten temat.

24. Rozdział 4, str. 63. „W kolejnych symulacjach wprowadzono do toni wodnej warstwę pęcherzyków gazowych ...na pierwszych dziesięciu metrach. Założenie to może odbiegać od sytuacji w realnym oceanie jednak pozwala to zaoszczędzić czas obliczeniowy i jest zgodne z tym, że wartość refleksji powierzchni morza jest uzależniona jedynie od warstwy

powierzchniowej (Piskozub i inni 2008, Zaneveld i inni 2005)” Oszczędność czasu obliczeniowego nie jest argumentem do wybrania 10 metrowej warstwy pęcherzyków, a może wystarczyłoby wybrać 1 metrową warstwę, wtedy obliczenia byłyby jeszcze szybsze! Według recenzenta ustalenie jaka powinna być grubość warstwy pęcherzyków, która istotnie wpływa na refleksję powierzchni morza, jest osobnym istotnym zagadnieniem i szkoda, że autor rozprawy pominął takie zagadnienia arbitralnie przyjmując 10 metrów.

25. Rozdział 4, str. 66. Nie ma zgodności między wartościami na rysunku 38, Tabeli 1 i tekście („... strefa eufotyczna oceanu sięga do 88 metrów. W przypadku zasilenia oceanu dziesięciometrową warstwą pęcherzyków gazowych, strefa ta może przesunąć się o ponad 15 metrów dla pęcherzyków o średnicy 1 μm oraz zawartości 5 ppm” Na rysunku takie przesunięcie jest dla pęcherzyków 6 μm i koncentracji 1 ppm. Grubość strefy eufotycznej dla wymienionego przypadku to około 10 metrów. W tabeli jest 5 metrów. Poza tym w tabeli są zera, co nie odpowiada wartościom przedstawionym na rysunku.

26. Rozdział 4, str.67. „Zwiększenie oświetleń odgórnych i oddolnych w warstwie pęcherzyków spowoduje, że tu także nie istnieją sprzyjające warunki do procesów fotosyntezy”. Recenzent uważa, że zwiększone oświetlenia w paśmie widzialnym intensyfikują procesy fotosyntezy. Zwiększenie oświetleń odgórnych jest w tylko w warstwie przypowierzchniowej do głębokości 1 metra. (Rysunek 37). Należałoby zsumować oświetlenie odgórne i oddolne, aby dyskutować, czy istnieją warunki sprzyjające fotosyntezie w warstwie pęcherzyków między pierwszym i dziesiątym metrem.

27. Rozdział 4, str 69. ”relacja współczynnika rozpraszania wstecz oraz absorpcji postaci b_b/a , opisująca refleksję powierzchni morza nie jest spełniona”. W tym miejscu trudno się zorientować, jaka relację miał autor na myśli i jaki jest związek refleksji powierzchni morza z wyrażeniem b_b/a . Recenzentowi w tym rozdziale nie udało się znaleźć zadanej wartości współczynnika absorpcji a .

28. Rozdział 4. Dyskusja na temat schładzania powierzchni oceanu przez warstwę pęcherzyków (str 63 i 69). W tabeli 2 pokazano, że refleksja w całym zakresie długości fal PAR może sięgać do 40% dla wybranych parametrów warstwy pęcherzyków. Ale czy to oznacza intensywne ochłodzenie powierzchni morza? Gdyby uwzględnić warstwę aerozolu w atmosferze i pokrycie nieba chmurami, to znaczna część odbitego promieniowania od powierzchni wody zostanie z powrotem zawrócona w kierunku do powierzchni oceanu w wyniku rozpraszania wstecznego przez cząstki aerozolu i chmur. Czyli dopływ promieniowania do oceanu zostanie zwiększony i sam efekt geo-inżynieringu (schładzanie wody przez wtłaczanie pęcherzyków powietrza do wody) zostanie częściowo

skompensowany. Recenzent uważa, że dyskusja tego problemu ograniczająca się jedynie do modelowania pola światła w wodzie jest daleko idącym uproszczeniem.

29. Rozdział 5. Tabela 4 podaje zestaw współczynników absorpcji i rozpraszania stosowany w przeprowadzonych symulacjach asymptotycznego pola światła. Założono szeroki zakres zmian współczynnika absorpcji, tj. maksymalna jego wartość jest około 37 razy większa niż minimalna, natomiast współczynnik rozpraszania dla zawiesiny jest praktycznie stały tj. maksymalna wartość 0.6943 i minimalna 0.3725. Czy takie wartości są realne i czy analizowano możliwe kombinacje współczynników absorpcji i rozpraszania? Wcześniej (rozdział 3) analizowano przypadek z bardzo małym albedo pojedynczego rozpraszania dla głębokiej wody ($0.026/(0.141+0.026)=0.16$ w warstwie W_2). Tak małe wartości nie były testowane w rozdziale 5. Dodatkowo, należałoby w tym rozdziale przedyskutować pole asymptotyczne w przypadku występowania pęcherzyków powietrza, czyli wprowadzić dwie warstwy: z dużym albedem (bliskim jedności) pojedynczego rozpraszania w warstwie powierzchniowej i dużo mniejszym poniżej.

30. Rozdział 5, str 70. „Z rysunku 41 widać, że wszystkie cztery warianty symulacji zbiegają się na głębokości $z=60$ m wartość refleksyjności oświetlenia odgórnegowynosi 0.0494” Na rysunku widać, że ta wartość wynosi 0.064. Ponadto na głębokości około 50 m wyniki były już bliskie, a potem się „rozeszły” i ponownie zbiegły dla wymienionej głębokości 60 m.. Należy, więc precyzyjnie podać kryterium zbieżności (np. różnica mniejsza od zadanej wielkości i pokazać, że w warstwie poniżej, te kryterium też jest spełnione).

31. Rozdział 5, str 73. Tabela 5. W tabeli podano względne niepewności dla szacowanych asymptotycznych wielkości. W ogólności są one bardzo małe. Nie podano jednak metody wyznaczania niepewności. Można się domyśleć, że jest to standardowe odchylenie od średniej w warstwie 60-70 m liczone dla wszystkich analizowanych wariantów. Ale, czy analizowane warianty wyczerpują możliwe kombinacje np. z bardzo małym (<0.2) i bardzo dużym (>0.99) albedem pojedynczego rozpraszania.

32. Rozdział 5 str 74. „Pozwala to także przypuszczać (rysunek 45 przypomnienie recenzenta), że pokazana na rysunku 33 refleksyjność oświetlenia odgórnego ... równa $R_d=0.55$ jest właśnie jej wartością asymptotyczną.” Rys.33 otrzymano zupełnie dla innej konfiguracji zakładając występowanie pęcherzyków w walcu zanurzonego w toni. Albedo pojedynczego rozpraszania było bardzo duże (równe 1.0) w obszarze pęcherzyków, natomiast bardzo małe w toni. Nie należy porównywać tych dwóch zupełnie odmiennych konfiguracji.

33. Rozdział 5 str 76. Autor analizując wyniki przedstawione na rys. 47 tj. zależność refleksyjności oświetlenia odgórnego na różnych głębokościach od metody aproksymacji funkcji

fazowej stwierdza, że „należy jednak ostrożnie podchodzić do interpretacji wyników wartości asymptotycznych oraz głębokości ich występowania ponieważ rozdzielnosc jak i typ funkcji fazowej opisującej rozpraszanie, może zmienić interpretowaną wartość nawet o 100%”. Czy podobna sugestia może dotyczyć wyników wszystkich analizowanych aplikacji Monte Carlo prezentowanych w rozprawie? W innych rozdziałach nie dyskutowano wpływu aproksymacji funkcji fazowej na wyniki modelowania.

34. Rozdział 6. Tytuł rozdziału „ Wpływ pęcherzyków gazowych na stopień polaryzacji światła w strefie przyboju” jest nieodpowiedni. Symulacje dotyczą płytkiej i płaskiej powierzchni morza, co jest bardzo dalekie od typowej charakterystyki strefy przyboju. Lepiej byłoby użyć terminu w strefie płytkiej wody i nie dyskutować, że „ Pozwala to jednak uprościć problem (dot. realnej strefy przyboju – przypomnienie recenzenta), powodując wyraźniejsze przedstawienie zjawiska i jego analizę” (str 78/79).

35. Rysunek 48 i 49. Wcześniej należałoby przedstawić położenie płaszczyzn obserwacji (równoległej i prostopadłej do padających promieni słonecznych) i wyjaśnić, jak jest liczony kąt azymutalny. Stwierdzenie (str 79) „ na tej grafice (rys.48- przypomnienie recenzenta) źródło światła znajduje się po lewej stronie rysunku” nic w tym przypadku nie wyjaśnia.

W symulacjach w całym rozdziale 6 nie podano, dla jakiej długości fali prowadzono obliczenia. Dobrze byłoby sprawdzić, czy wyniki zależą od długości fali i efekt polaryzacyjny maksymalizuje się dla pewnej fali w zakresie widzialnym.

36. Wyniki prezentowane w rozdziale 6 są dla różnych kombinacji albedo dna i współczynnika rozpraszania dla warstwy pęcherzyków. Czy wartości albedo gruntu powyżej 0.1 i współczynniki rozpraszania powyżej 10m^{-1} są w tym przypadku realne?

37. Strefa płytkiej wody obejmuje znikomą część powierzchni morza i efekty polaryzacyjne od pęcherzyków są zakłócone przez obecność dna. Czy w tej sytuacji nie należałoby dyskutować możliwość wyznaczenia koncentracji pęcherzyków w toni na podstawie efektu polaryzacyjnego w zastosowaniu do głębokiej wody?

38. Rozdział 7. Istnieje szereg prac dot. symulacji Monte Carlo w odniesieniu do chmur (np. prace wykorzystujące pakiet MYSTIC, <http://www.bmayer.de/index.html?mystic.html&1>), które opisują w miarę rzeczywiste sytuacje, a nie akademicki przypadek jak to ma miejsce w tym rozdziale.

39. Zależność albedo chmur od kąta zenitalnego, które autor rozprawy uważa za swoje podstawowe osiągnięcie (str 96, pozycja nr 6 listy osiągnięć), zostało szczegółowo analizowana dwadzieścia lat wcześniej (Loeb et al., Effects of cloud inhomogenities on the solar zenith dependence of nadir reflectance, JGR, 102(D8), 9377-9395, 1997). Recenzent

uważa, że ten rozdział dostarcza jedynie argumentów, że kod obliczeniowy działa poprawnie, a nie wnosi nic nowego w modelowaniu propagacji światła w chmurach.

40. Wyniki autora rozprawy najlepiej zgadzają się z klasyczną formułą (wzór (70)) dla kąta zenitalnego 60 stopni, ale to nie upoważnia autora do sugestii, że obserwacje i obliczenia prowadzące do uzyskania tej formuły przeprowadzono dla zbliżonych kątów zenitalnych w Europie. Kąt zenitalny zmienia się w ciągu dnia np. późną wiosną między ~30 i 90 stopni na terenie Polski.

Ocena Końcowa

Przedstawiona rozprawa doktorska koncentruje się na technicznym problemie rozwiązywania zagadnień z zastosowaniem metodyki Monte Carlo w standardowych konfiguracjach wcześniej dogłębnie analizowanych przez innych autorów. Fascynacja autora miliardami losowych symulacji przesłania aspekty fizyczne propagacji światła, które schodzą na dalszy plan rozważań. Potencjał stosowanej metody najlepiej uwidoczniłby się w modelowaniu 3-D niestacjonarnych problemów, gdy tymczasem w rozprawie modelowanie dotyczyło 4 przypadków dotyczących stanów stacjonarnych z kategorii 1-D i jednego z kategorii 3-D. W rozprawie pojawiły się pewne nowatorskie stwierdzenia wynikające z zastosowanie algorytmu Monte Carlo w odniesieniu do propagacji światła w wodzie, które mogą stanowić punkt startowy do dalszych pogłębionych analiz (patrz dyskusję przedstawioną w ocenie ogólnej). **Recenzent uważa, że przedstawiona rozprawa doktorska w minimalnym stopniu spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i może stanowić podstawę do kolejnego etapu nadania stopnia doktorskiego magistrowi Tomaszowi Neumannowi.** Recenzent ma nadzieję, że obrona pracy pozwoli rozwiązać szereg jego wątpliwości i zastrzeżeń.



prof. dr hab. Janusz W. Krzyścin