

Recenzja rozprawy doktorskiej

Lidarowe badania
rozkładu rozmiarów cząstek aerozolu atmosferycznego
w warstwie granicznej
mgr. inż. Stefana Sitarka

wykonanej w Instytucie Optyki Stosowanej imienia profesora Maksymiliana Pluty

oraz w Zakładzie Optyki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

pod kierunkiem prof. dr. hab. Tadeusza Stacewicza

Pomiar – wyznaczanie rzeczywistych parametrów atmosfery Ziemi umożliwia modelowanie i przewidywanie ewolucji klimatu. Wobec znaczących zmian klimatu poprawne modelowanie, oparte o prawdziwe wielkości wyjściowe wydaje się być bardzo ważne. Badanie zawiesin atmosferycznych – aerozoli i chmur jest jednym z bardzo istotnych zagadnień fizyki atmosfery. Jednym ze sposobów zdalnego badania zawiesin atmosferycznych – drobin, kropli i ich składu i rozkładów wielkości- tworzących aerozole jest diagnozowanie liderami, czyli zdalne diagnozowanie światłem laserowym. Aerozole opisywane są przy użyciu wielu parametrów wpływających na osłabianie światła oraz zmianę natężenia światła rozpraszanego do tyłu. W rzeczywistości z pomiarów lidarowych otrzymuje się dwie zmieniające się wielkości – czas wędrowania światła i natężenie powracającego światła. Sygnał ten można wzbogacić używając kilku wiązek światła o różnych długościach fali. Ale odtworzenie zmian składu aerozolu wraz z odległością od źródła światła i tak jest bardzo trudne i musi być oparte o stosowne modele dostarczające dodatkowe informacje stosowne do odtworzenia rozkładów wielkości, gęstości i położenia i przemian cząstek aerozoli. Dlatego dopasowanie rodzaju lidara i metod obróbki sygnału do rodzaju obserwowanych aerozoli jest rzeczą podstawową do uzyskania wiarygodnych rozkładów opisujących aerozol. Wyniki są oczywiście zależne od modelu. Tym trudniejsze jest więc rzetelne interpretowanie wyników i wymaga dużej ostrożności i wiedzy tak o teorii rozpraszania, metodach analizy numerycznej jak i własnościach badanych obiektów.

Recenzowana praca poświęcona jest badaniu bardzo określonego rodzaju aerozoli znajdujących się na granicy chmur w tzw. warstwie granicznej. Celem pracy było opracowanie metody uzyskania z sygnałów lidaru wieloczęstościowego zmian rozkładów

rozmiarów cząstek aerozolu (APSD), a następnie wykorzystanie ich do badania aerozolu w warstwie granicznej. W tym celu dokonano analizy sygnałów lidarowych zarejestrowanych w dwóch kampaniach pomiarowych.

W pierwszej badano procesy fizyczne pod chmurami konwekcyjnymi.

Przedmiotem drugiej kampanii było zbadanie transformacji aerozolu w granicznej warstwie atmosfery nad Bałtykiem.

Do interpretacji wyników użyty został oprócz własnego programu adiabatyczny model zjawisk zachodzących u podstawy chmury.

Praca składa się ze wstępu i części ogólnej, analizy teoretycznej sygnałów lidarowych i Analizy rzeczywistych sygnałów lidarowych, podsumowania i dodatków.

W I części Ogólnej pokrótce opisane zostały:

Aerozol atmosferyczny – rodzaje i klasyfikacja, parametry aerozoli w tym bardzo istotne funkcje przybliżające rozkłady wielkości cząstek aerozoli. Bez znajomości niejako a priori rozkładów nie można dobrze interpretować sygnałów lidarowych.

Następnie opisano metody badania aerozoli zdalne i in-situ -miejscowe.

Potem opisane zostały:

Absorpcja światła jako monochromatycznej płaskiej fali elektromagnetycznej, prawo Lamberta Beera, rozpraszanie promieniowania, przekroje czynne, rozpraszanie do tyłu, omówiono rozpraszanie Rayleigha.

We wzorach I-35 i I-36 różniczkowy przekrój czynny ma miano $1/m^4$, co wydaje się pomyłką.

W sumie w części I w jasny sposób opisano podstawowe wielkości fizyczne niezbędne w dalszych rozdziałach pracy.

W Części II Analiza sygnałów lidarowych – podstawy teoretyczne opisany został:

Lidar:

Budowa lidarów jednoczęstościowych, układ nadawczy i odbiorczy, układ akwizycji danych, lidar wieloczęstościowy, równanie lidarowe, szumy i zakłócenia sygnału lidarowego:

Następnie

Przygotowanie sygnałów lidarowych:

Uśrednianie po liczbie impulsów, usuwanie podkładu – odejmowanie pliku zerowego, usuwanie podkładu – użycie sygnału wyprzedzającego impuls, redukcja podkładu stałego – procedura paraboliczna, wygładzanie sygnału przy użyciu elementu strukturalnego (okna), średnia biegnąca z oknem statycznym, Średnia biegnąca z oknem o zmiennej szerokości, inne metody usuwania szumu

W sumie czytelnik może się zapoznać z problemami pracy z lidarem.

W dalszym ciągu pracy opisano rozliczne metody wydobywania informacji z sygnału lidarowego zaczynając od ilorazu lidarowego dla rozpraszania Mie.

Stwierdzenie dotyczące rozpraszanie dużych cząstek o braku możliwości znalezienia jednoznacznej formuły pozwalającej na powiązanie ze sobą współczynników rozpraszania wstecznego i ekstynkcji w całym zakresie długości fal, promieni cząstek i współczynników załamania pokazuje skalę problemu interpretacji sygnałów lidarowych.

Dokonano następnie przeglądu istniejących metod wyznaczania współczynników ekstynkcji i rozpraszania wstecznego z sygnałów lidarowych:

metoda pochodnych, metoda Kletta, metoda Kletta-Fernalda

Omówiono:

Iloraz lidarowy dla rozpraszania Rayleigha

Odzyskiwanie rozkładu rozmiarów cząstek aerozolu z sygnałów lidaru wieloczęstotliwościowego.

Wszystkie opisane metody mają wiele przybliżeń i prowadzą do wniosku, że należy w zasadzie opracować swoją własną metodę, opisaną w rozdziale
Metoda odzyskania (rozkładów rozmiarów cząstek aerozolu) APSD opracowana w Zakładzie Optyki IFD UW.

Całość opisu zmierza do fundamentalnego wniosku:

próba odzyskania APSD jest w zasadzie tzw. problemem źle postawionym, konieczne jest wprowadzenie dodatkowych informacji.

Uważam to stwierdzenie za bardzo cenne dla sukcesu pracy.

Następnie opisano samą zastosowaną metodę analizy stanowiącą (oprócz kampanii pomiarowych) sedno pracy, a więc:

numeryczne obliczenie sygnału (całkowanie metodą trapezową), przyjęcie że rozpraszanie zachodzi na kulistych cząstkach aerozolu (rozpraszanie Mie), rozkład rozpraszaczy – cząstek aerozolu- $n(r, z)$ w postaci sumy dwóch modów log-normalnych;

założenie że skład atmosfery w dwóch sąsiednich wysokościach

nie może być od siebie znacząco różny, ograniczenia (fizyczne) wielkości cząstek

Jakkolwiek przyjęte założenia wynikają z modeli atmosfery w badanych obszarach w pracy brakowało mi wyjaśnienia dlaczego rozkłady cząstek mają być dychotomiczne i log normalne.

Następna część to już analiza otrzymanych w czasie dwu kampanii rzeczywistych sygnałów lidarowych, a więc:

Kampania I. Lidarowe badania procesów zachodzących u podstawy chmury konwekcyjnej
Przedmiotem badań były procesy fizyczne zachodzące pod chmurami konwekcyjnymi, badanymi do tej pory metodami in-situ.

Tu sama możliwość otrzymania rozkładów i ich dynamiki patrząc lidarem na brzegi chmur wydaje się bardzo istotna.

Następnie opisano zjawiska związane z wilgotnością atmosfery.

Proces powstawania kropel deszczowych: zjawisko Kelvina i zjawiska zachodzących u podstawy chmury.

Interesujące są wyniki kampanii pomiarowej transformacji aerozolu u podstaw chmury kłębiastej m.in. efektywny promień cząstek aerozolu w funkcji wysokości dający potwierdzenia komórkowego modelu transformacji aerozolu u podstawy chmury konwekcyjnej

Kampania II. Badanie transformacji aerozolu w granicznej warstwie atmosfery nad Bałtykiem

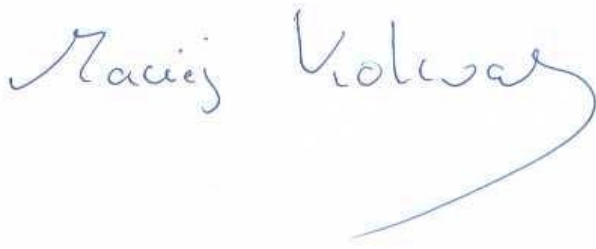
Otrzymano wyniki dotyczące aerozolu napływającego wzdłuż wybrzeża oraz napływającego znad akwenu.

Stwierdzono, że przy napływie znad lądu mamy do czynienia ze sturbulowanym powietrzem. Przy napływie znad morza, zaobserwowano odmienną zależność promienia efektywnego od wysokości.

Podsumowując

Badanie lidarowe podstaw chmur zakończyły się sukcesem i wyznaczeniem interesujących parametrów aerozoli, nieosiągalnych innymi metodami. Oprócz napisanej pracy doktorskiej Autor ma stosunkowo duży dorobek publikacyjny - jest współautorem 7 recenzowanych artykułów, 14 publikacji nierecenzowanych oraz kilkunastu (ok. 19) komunikatów konferencyjnych' jest również posiadaczem 4 europejskich i 6 polskich zgłoszeń patentowych

Uważam, że praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Maciej Kolesar