

Streszczenie

Aerozole, czyli cząstki zawieszone w powietrzu, mają istotny wpływ na procesy zachodzące w atmosferze. Wpływ ten jest nadal badany, a poznanie optycznych właściwości aerozolu i jego rozkładu jest kluczowe by określić jego rolę zarówno w skali lokalnej jak i globalnej. Metody lidarowe są ważnym narzędziem badania aerozolu atmosferycznego. Ich zaletą jest to, że pomiar nie zaburza stanu atmosfery, a wynik dostępny jest w relatywnie krótkim czasie.

Celem niniejszej pracy było opracowanie metody uzyskania z sygnałów lidarów wieloczęstościowego profilu rozkładów rozmiarów cząstek aerozolu (APSD), a następnie wykorzystanie ich do badania aerozolu w warstwie granicznej atmosfery.

W niniejszej dysertacji metoda ta została przedstawiona w formie zintegrowanego programu komputerowego służącego do szeroko pojętej analizy sygnałów lidarowych. Ujmuje on w całość proces przygotowania sygnałów, w tym różne sposoby redukcji szumów i zakłóceń. Uwzględnia wiele parametrów aerozolu, jak zespolone współczynniki załamania światła, mieszaniny różnych cząstek czy szeroki zakres ich promieni. Pozwala wykonać obliczenia, w wyniku których z sygnałów lidarowych uzyskuje się nie tylko rozkłady rozmiarów cząstek aerozolu lecz także i profile promienia efektywnego i innych wielkości pochodnych, jak współczynniki rozpraszania w swobodnej atmosferze. Zastosowanie programu znacznie ułatwia interpretację wyników pomiarów. Został on udostępniony do powszechnego wykorzystania na internetowej witrynie Sieci Badawczej Poland – AOD¹.

W pracy dokonano też analizy sygnałów lidarowych zarejestrowanych w dwóch kampaniach pomiarowych. Przedmiotem pierwszej było badanie procesów fizycznych zachodzących pod chmurami konwekcyjnymi. Sygnały interpretowano posługując się wspomnianym powyżej programem oraz adiabatycznym modelem zjawisk zachodzących u podstawy chmury. Zaobserwowano wzrost z wysokością promienia efektywnego cząstek unoszonych w pojawiającym się tam prądzie wstępującym. Określono obszary aktywacji cząstek i kondensacji na nich pary wodnej. Pozwoliło to wyznaczyć koncentrację kropel chmurowych oraz oszacować prędkość prądu wstępującego. Tego rodzaju wyniki zostały po raz pierwszy osiągnięte przy zastosowaniu metod optycznych.

Przedmiotem drugiej kampanii lidarowej było badanie transformacji aerozolu w granicznej warstwie atmosfery nad Bałtykiem. Dzięki możliwości wyznaczania rozkładów rozmiarów cząstek aerozolu zaobserwowano wpływ akwenu na przestrzenne profile tej funkcji. Polega on, między innymi, na emisji z powierzchni morza cząstek o dużych rozmiarach. Widoczne to było szczególnie na niskich wysokościach (do 400 – 500 m) przy wietrze znad morza. W tym zakresie obserwowano monotoniczny spadek efektywnego promienia cząstek

¹ <http://www.polandaod.pl/>

wraz ze wzrostem wysokości. Efekt ten nie pojawiał się w powietrzu przemieszczającym się nad lądem. Zaobserwowano jedynie niejednorodny rozkład promienia efektywnego spowodowany prawdopodobnie przez turbulencje wywołane niegładką powierzchnią.

Doświadczenia i analizy przeprowadzone w ramach niniejszej pracy doktorskiej pokazały, że lidar wieloczęstotliwościowy jest użytecznym narzędziem do analizy aerozolu atmosferycznego. Pozwala on wyznaczać pionowe profile jednej z najważniejszych funkcji charakteryzujących aerosol, jaką jest rozkład rozmiarów cząstek. To z kolei daje możliwość określenia innych wielkości pochodnych. Należą do nich promień efektywny lub współczynniki ekstynkcji światła.

Abstract

Aerosol, consists of particles suspended in the air. Their impact on atmospheric processes is substantial, therefore the mechanisms involving the aerosol are still under intensive investigation. Recognition of aerosol optical properties and their distribution is necessary to determine their role on both a local and global scales. Lidar methods are important tools of atmospheric aerosol investigations. Such measurement does not interfere the atmosphere and provides the results in a short time period.

The purpose of this dissertation was to develop a method of retrieval of aerosol particle size distribution (APSD) profiles from multiwavelength lidar signals, and to use this approach for investigation in atmospheric boundary layer.

The method has got the form of a computer application that can be used for the elaboration of lidar signals. The software allows to prepare the lidar signals for analysis using various methods of noise reduction. It takes into consideration different aerosol coefficients like complex refractive indices of the particles, as well as their mixtures or their radii range. The results of calculations are not only the APSD functions but also the effective radii or the atmospheric scattering coefficients. Use of the software simplifies interpretation of the results. For this reason it is broadcasted for noncommercial use in Poland – AOD Research Network website¹.

This approach has been used during two lidar measurement campaigns. Observation of physical processes under cumulus cloud base was the aim of the first one. Collected signals were proceeded using the software, that was mentioned above as well as the adiabatic parcel model. An increase of particle effective radius as a function of the height has been observed in an updraft that occurs below the cloud. Analysis provided the opportunity to find ranges of altitude where the processes of activation of cloud condensation nucleus and water condensation take place. Due to this analysis cloud droplet number concentration and the updraft velocity were determined. Such results have been obtained for the first time with the optical methods.

The aim of the second measurement campaign was the investigation of aerosol transformation in the atmospheric boundary layer during the transport of the air mass over Baltic Sea. An impact of the sea on aerosol particle sizes was possible to observe due to the opportunity of APSD determination from lidar signals. A monotonic decrease of particle effective radius with the height increase was stated within the altitude up to 400 – 500 m during the advection from the sea. It probably occurs due to large aerosol particle emission from water surface.

¹ <http://www.polandaod.pl/>

For overland advection however, the radius distribution was nonhomogeneous. This was probably caused by air turbulence induced by uneven land surface.

The experiments and the analysis described in this dissertation show that the multiwavelength lidar is a useful tool for atmospheric aerosol investigation. It allows to determine the vertical profiles of one of the most important parameter – aerosol particle size distribution. This in turn provides the opportunity to determine other quantities, like the effective radius and the extinction coefficients.