

# МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ РЕСПИРАБЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ПО ДАНЫМ МНОГОЧАСТОТНОГО ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

С. А. Лысенко, М. М. Кугейко, В. В. Хомич

Белорусский государственный университет, Минск  
E-mail: lisenko@bsu.by

Эффективное решение задач снижения загрязнения воздуха твердыми частицами и минимизации их влияния на здоровье населения невозможно без развития методов и аппаратных средств мониторинга атмосферы, отвечающих современным требованиям санитарно-эпидемиологических служб по точности, оперативности и возможности быстрого сбора информации о загрязненности воздуха в различных районах населенного пункта.

В докладе описывается метод получения пространственных распределений взвешенных частиц атмосфере (PM – от английского Particulate Matter) в по данным многочастотного лидарного зондирования без привлечения каких-либо дополнительных измерений оптических и микрофизических параметров исследуемой среды. Для уменьшения влияния информационной неопределенности на результаты обработки лидарных сигналов предлагается использование устойчивых регрессионных соотношений между оптическими и микрофизическими характеристиками аэрозоля, доопределяющих систему лидарных уравнений. Отличительной особенностью разработанного метода является использование в нем принципиально нового помехоустойчивого алгоритма обращения лидарных сигналов, заключающегося в одновременной обработке всех их спектрально-временных отсчетов и извлечении из них профилей линейно-независимых параметров спектра аэрозольного ослабления, тесно коррелированных с концентрациями PM. Сокращение количества неизвестных величин в лидарных уравнениях без потери их информативности о микроструктуре аэрозоля, делает матрицу решаемой системы лидарных уравнений переобусловленной, за счет чего повышается устойчивость решения обратной задачи к погрешностям калибровки и непостоянству аэрозольной индикатрисы обратного рассеяния по трассе зондирования. Численное решение системы уравнений, составленных из спектрально-временных отсчетов лидарных сигналов, позволяет в значительной степени нивелировать известный недостаток аналитических методов решения лидарного уравнения, заключающийся в сильной зависимости значения оптической характеристики аэрозоля, восстановленной в

некоторой точке трассы, от погрешностей восстановления данной характеристики на предшествующем участке трассы.

Разработанный метод наиболее эффективен для приземных трасс в атмосфере, содержащих хотя бы два участка со схожим пространственным ходом аэрозольного коэффициента ослабления, поскольку в этом случае калибровочные константы лидара на его рабочих длинах волн можно определять по самим сигналам, без привлечения дополнительных измерений. Предложен алгоритм поиска таких участков по спектрально-временной структуре лидарного сигнала.

Обратная задача аэрозольного светорассеяния решается на основе устойчивых регрессионных соотношений между концентрациями респираторных фракций аэрозоля и параметрами аппроксимации его спектра ослабления  $\varepsilon_a(\lambda_i)$ . Сравнение статистических связей между оптическими и микроструктурными параметрами аэрозоля, полученных нами в модельном приближении, с независимыми расчетными и экспериментальными данными позволяет говорить о возможности использования полученных соотношений, как для сельской местности, так и для регионов с высоким содержанием антропогенных частиц. Очевидными преимуществами такого подхода к определению параметров микроструктуры аэрозоля, по сравнению с численными методами решения обратных задач аэрозольного светорассеяния, являются возможность быстрой обработки большого массива данных, соответствующего различным точкам трассы зондирования, отсутствие необходимости использования априорной информации о комплексном показателе преломления аэрозольных частиц и допущений о принадлежности решения к определенному виду распределения по размерам.

На основе численных экспериментов по лазерному зондированию аэрозоля проведено сравнение данного метода с ранее предложенным авторами, в котором для устранения произвола в выборе средних по трассе зондирования индикатрис обратного рассеяния  $g_{\pi, a}(\lambda_i)$  учитывается мультиколлинеарность спектральных коэффициентов  $\varepsilon_a(\lambda_i)$ , а в качестве оптимальных значений  $g_{\pi, a}(\lambda_i)$  выбираются те, которые обеспечивают наилучшее соответствие восстановленных профилей  $\varepsilon_a(\lambda_i)$  регрессионному соотношению между  $\varepsilon_a(\lambda_i)$ . При заданных значениях  $g_{\pi, a}(\lambda_i)$  лидарные уравнения для каждой  $\lambda_i$  решаются аналитически независимо друг от друга. Показано, что для длин волн зондирующего излучения, для которых аналитические решения лидарного уравнения являются наиболее чувствительными к неточности априорного задания  $g_{\pi, a}$  и погрешности определения калибровочных констант, численный метод решения лидарных уравнений дает существенный выигрыш в точности.