

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук Юшкова Владимира Александровича на диссертацию Касьяника Никиты Ивановича «Определение физических параметров атмосферного аэрозоля на основе измерений многоволнового рамановского и флуоресцентного лидаров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Диссертационная работа Касьяника Никиты Ивановича посвящена разработке флуоресцентных лидаров и их использованию для анализа физических параметров атмосферных аэрозолей. В том числе, предложен подход к определению состава аэрозольной смеси на основе флуоресцентных и поляризационных измерений. Значительная часть работы посвящена исследованию флуоресцентных параметров дыма, таких как спектр, и эффективность флуоресценции в тропосфере. Показано, что эти параметры характеризуются сильной высотной зависимостью, что, по мнению автора, связано с высотной вариацией состава дыма.

Актуальность определяется необходимостью получения информации о высотном распределении параметров аэрозоля для оценки воздействия аэрозоля на радиационный баланс и окружающую среду. Различные типы аэрозоля различным образом воздействуют на процесс формирования облаков, и для анализа соответствующих процессов необходимо проводить классификацию аэрозолей на высотах, характерных для образования облаков. Информация о свойствах аэрозоля, получаемая из традиционных измерений многоволновых рамановских лидаров оказывается недостаточной, и, как это продемонстрировано в работе, дополнительная независимая информация. может быть получена при использовании лазерно-индуцированной флуоресценции.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- С использованием созданного многоканального флуоресцентного лидара исследованы спектры флуоресценции дыма и городского аэрозоля. Показано, что они принципиально различны, что позволяет эффективно разделять данные компоненты аэрозоля.
- Продemonстрировано различие в спектрах флуоресценции дыма в средней и верхней тропосфере, которые автор связывает с высотным изменением содержания органической фракции углерода.
- Измерен коэффициент деполяризации флуоресценции атмосферного аэрозоля. Показано, что флуоресценция является частично поляризованной, и для дыма этот коэффициент варьируется в диапазоне 45-55%.
- Продemonстрирована возможность определения вкладов различных компонент аэрозольной смеси в полный коэффициент обратного рассеяния, на основе измерения коэффициента деполяризации и эффективности флуоресценции. Что, в свою очередь, позволяет оценивать объемную и массовую концентрацию этих компонент.

Практическая ценность результатов работы заключается в следующем:

Разработанная методика флуоресцентных измерений является эффективным инструментом для анализа процессов переноса дымовых шлейфов и для определения состава аэрозоля в тропосфере.

Содержание работы

Работа изложена на 138 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 90 источников. Диссертационная работа иллюстрирована 67 рисунками.

Во введении формулируется актуальность работы, её цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приводятся положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор публикаций по классификации аэрозолей на основе многоволновых лидарных измерений аэрозолей, а также по использованию флуоресцентных лидаров.

Во второй главе описана методология расчета параметров аэрозоля на основе измерений рамановских и флуоресцентных лидаров.

В третьей главе приведен алгоритм разделения вкладов основных типов аэрозоля, таких как дым, пустынная пыль, растительная пыльца и городской аэрозоль в полный коэффициент обратного рассеяния смеси. Разработанный алгоритм использован для анализа измерений, проводимых на лидаре с одним каналом флуоресценции. Показано, что предложенный подход позволяет определять вертикальные профили массовой концентрации различных типов аэрозоля.

В четвертой главе исследуется коэффициент деполяризации флуоресценции различных типов атмосферного аэрозоля. Показано, что сигнал флуоресценции частично поляризован. Показано, что коэффициент деполяризации городского аэрозоля внутри пограничного слоя варьировался в диапазоне 50–70%. Деполяризация флуоресценции дыма была меньше и составляла 45–55%. Флуоресценция вносит значительные погрешности в измерение водяного пара рамановским лидаром. Автором предложен метод оценки данной погрешности на основе поляризационных измерений. Поскольку коэффициент деполяризации водяного пара составляет менее 2%, увеличение этого коэффициента связано с присутствием флуоресцентного сигнала в измерительном канале. В работе представлены примеры анализа измерений водяного пара и показано, что в верхней тропосфере внутри дымовых шлейфов, погрешность, обусловленная флуоресценцией дыма, составляет до 100 %. Предложенный подход позволяет производить коррекцию этих погрешностей.

В пятой главе приводится описание созданного многоканального флуоресцентного лидара. Лидар позволяет измерять флуоресценцию в пяти спектральных диапазонах с центральными длинами волн 438, 472, 513, 560 и 614 нм. Лидарное зондирование проводилось в период с 2022 по 2024 г. В период с мая по сентябрь в тропосфере над Москвой регулярно наблюдать слои дыма от лесных пожаров. При анализе выделялись три высотных диапазона: пограничный слой, средняя тропосфера (4–8 км) и верхняя тропосфера (8–12 км). В пограничном слое, где преобладает городской аэрозоль, во всех измерениях обратное флуоресцентное рассеяние уменьшалось с увеличением длины волны. В слоях дыма в средней тропосфере максимум флуоресценции соответствовал каналу 513 нм, а в верхней тропосфере максимум флуоресценции смещался в канал 560 нм. Различия в спектрах флуоресценции городского аэрозоля и дыма были использованы для разделения их вкладов и оценки соответствующих массовых концентраций.

В заключении соискателем сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Диссертационная работа обладает высокой **степенью обоснованности** за счет использования сертифицированного оборудования, результаты и выводы логически вытекают из полученных результатов исследования и подкреплены достаточным количеством экспериментальных данных.

Достоверность основных результатов диссертационной работы обоснована корректным применением методов исследования, повторяемостью экспериментальных результатов и использованием правомерных допущений. Основные результаты работы были опубликованы в ведущих международных научных изданиях и представлены на всероссийских и международных конференциях.

При общей положительной оценке диссертационной работы, необходимо сделать несколько замечаний:

1. При решении лидарного уравнения обычно предполагается, что так называемое лидарное отношение $S\lambda$ является постоянным, не зависит от высоты и выбирается априори на основе метеорологических данных. Как в работе определялись значения $S\lambda$, которые зависят от типа аэрозоля?

2. На стр 19 утверждается, что «Достоверные флуоресцентные измерения могут проводиться лишь у нижней границы облака». В работе же приводятся данные о вертикально-пространственных распределениях эффективности флуоресценции?

3. Не до конца понятен физический смысл величины χ в главе 3. Как эта величина выводится из формулы (40)?

4. Почему разработанные лидары измеряют сигнал колебательного рассеяния, когда в разделе 1.2 было показано, что эффективнее измерять сигнал вращательного рассеяния?

5. Зависит ли сигнал флуоресценции от относительной влажности?

Автореферат соответствует содержанию диссертации

Диссертационная работа «Определение физических параметров атмосферного аэрозоля на основе измерений многоволнового рамановского и флуоресцентного лидаров» Касьяника Никиты Ивановича является законченной научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком научном и инженерном уровне, соответствует паспорту специальности 1.3.19. Лазерная физика, отвечает требованиям «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 16 октября 2024 года) и полностью соответствует требованиям новизны, научно-практической значимости и достоверности, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Считаю, что автор диссертации Касьяник Никита Иванович показал себя высококвалифицированным специалистом и безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Согласие на обработку персональных данных

Я, Юшков Владимир Александрович, согласен на обработку, размещение и хранение моих персональных данных, связанную с деятельностью диссертационного совета 24.1.223.03

Официальный оппонент:

Юшков Владимир Александрович, кандидат физико-математических наук по специальности 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы», заведующий отделом физики высоких слоёв атмосферы Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральная аэрологическая обсерватория».
141701 г. Долгопрудный, Московской области,
ул. Первомайская, д. 3,
тел: +7-(495)-408-74-18,
e-mail: vladimir@caomsk.mipt.ru

Заведующий отделом физики высоких слоёв атмосферы
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Центральная аэрологическая обсерватория»
кандидат физико-математических наук

_____/ В.А. Юшков

05.08.2025 (дата)

Подпись В.А. Юшкова заверяю
Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения
«Центральная аэрологическая обсерватория»

(должность заверяющего, гербовая печать)

_____/ Н.А. Безрукова

05.08.2025 (дата)