

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Павлова Андрея Николаевича 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.

Актуальность темы выполненной диссертационной работы

Диссертационная работа Касьяника Никиты Ивановича «Определение физических параметров атмосферного аэрозоля на основе измерений многоволнового рамановского и флуоресцентного лидаров» посвящена поэтапному и всестороннему развитию технологии дистанционного лидарного мониторинга свойств атмосферного аэрозоля. Автором диссертационной работы предложена не только новая методика совместного использования методов лазерно-индуцированной флуоресценции и поляриметрии для характеристики типов аэрозольных частиц но и несколько вариантов ее аппаратурной реализации. Методы анализа, предложенные в диссертации, делают возможным не только определение типа аэрозоля, но и количественную оценку его содержания на различных горизонтах атмосферы с высоким пространственным разрешением. Не вызывает сомнения, что предложенная технология и продемонстрированные в рамках диссертационной работы результаты лидарного зондирования, актуальны как для оценки качества воздуха, так и для исследования механизмов глобального переноса аэрозольных смесей и, особенно, дыма от лесных и ландшафтных пожаров в Евразии и Северной Америке.

Научная новизна полученных результатов

Результаты диссертационной работы убедительно свидетельствуют, что многоканальный флуоресцентный лидар является перспективным

инструментом для исследования аэрозольных смесей и слоев дыма в тропосфере. На основе многократных наблюдений выявлена высотная стратификация дымовых шлейфов по химическому составу дымовых аэрозольных частиц. Впервые продемонстрировано, что сечение флуоресценции дыма растет с высотой, а спектр флуоресценции сдвигается в красную область. Разработанный в работе подход к анализу аэрозольной смеси продемонстрировал возможность использования флуоресцентных измерений для исследования процессов смешивания слоев дыма с аэрозолем в пограничном слое.

Практическая ценность

Результаты работы могут быть использованы для создания образцов лидаров с целью мониторинга слоев дыма в атмосфере и оценки его объемной и весовой концентрации, что с практической точки зрения является чрезвычайно актуальной задачей оценки качества воздуха. Кроме того, методика разделения аэрозольных смесей на типы аэрозолей может быть успешно использована для изучения процессов взаимодействия аэрозолей и облаков.

Содержание работы

Работа изложена на 138 страницах, включая 67 рисунков. Список литературы содержит 90 ссылок.

Во введении обосновывается актуальность исследования, формулируются задачи работы и приводятся положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится анализ состояния исследований в области использования флуоресцентных лидаров.

Во второй главе рассмотрены методы анализа лидарных измерений. Приводятся основные выражения для расчета коэффициентов экстинкции и

обратного рассеяния аэрозолей с помощью рамановского лидара. Описаны подходы к анализу лидарных измерений флуоресценции.

Третья глава посвящена анализу состава аэрозольной смеси одноканальным флуоресцентным лидаром. Показано, что измерение коэффициента деполяризации и эффективности флуоресценции позволяет разделять вклады основных типов аэрозолей в полный коэффициент обратного рассеяния смеси. Применение данного подхода к реальным измерениям позволило оценить содержание дыма, пыли и городского аэрозоля внутри пограничного слоя и в нижней тропосфере.

В четвёртой главе рассмотрены поляризационные характеристики флуоресценции. Показано, что флуоресцентный сигнал частично поляризован. Для дыма коэффициент деполяризации флуоресценции варьируется в диапазоне 45-55%, в то время как для аэрозолей внутри пограничного слоя этот коэффициент достигает 60%. Эти значения коэффициента деполяризации используются автором для анализа погрешностей, вносимых флуоресценцией аэрозоля в рамановские измерения водяного пара. Эти погрешности могут составлять десятки процентов в верхней тропосфере, и предложенный подход, основанный на поляризационных измерениях, позволяет их корректировать.

В пятой главе диссертации анализируются измерения лидара с пятью флуоресцентными каналами. Автором впервые показано, что городской аэрозоль и дым имеют различные спектры флуоресценции. В случае городского аэрозоля эффективность флуоресценции снижается с увеличением длины волны, в то время как для дыма в средней тропосфере наблюдается максимум в канале 513 нм. Автором впервые продемонстрировано, что с высотой спектр флуоресценции сдвигается в красную область. В частности, в верхней тропосфере максимум флуоресценции смещается в канал 560 нм, что может свидетельствовать о высотной зависимости химического состава дыма.

В заключении соискателем сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Особо следует отметить строгую и четкую структуру каждой из глав, состоящей тематических подразделов и выводов к разделу. Структура разделов и подразделов логично выделяет этапы решения задач. В разделе «Выводы к разделу» перечисляются полученные результаты.

Соответствие содержания диссертации содержанию и качеству опубликованных работ

По теме диссертации автором опубликованы 4 научные работы в ведущих зарубежных журналах и 4 работы в трудах конференций различного уровня: 3 работы в Atmospheric Measurement Techniques (Q2 WoS) и одна работа в Atmospheric Chemistry and Physics (Q1 WoS). Научные труды издавались в течение 3 лет, автор последовательно ежегодно предоставлял результаты диссертационного исследования научному сообществу. Содержание диссертации в полной мере отражено в научных трудах.

Автореферат соответствует содержанию диссертации

Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений, сформулированных в диссертации

В результате анализа большого объёма имеющихся литературных источников (66 научных работ), автор произвёл анализ полученной информации и предложил своё оригинальное решение поставленных задач на основе моделирования, экспериментальных измерений и математической обработки результатов. Все результаты, полученные в диссертационной работе, получены при использовании проверенных методик проведения измерений с использованием сертифицируемого оборудования и проверенных методов анализа данных.

Достоверность основных результатов диссертационной работы обоснована большим количеством проанализированных данных, подтверждающих воспроизводимость результатов. Результаты по классификацию аэрозоля согласуются моделированием переноса воздушных масс. Представленные эффективности флуоресценции различных типов

аэрозоля согласуются с результатами измерений других научных групп. Основные результаты опубликованы в ведущих научных изданиях. Все основные 6 результатов, сформулированных в разделе «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» многократно были представлены для обсуждения на 4 научных международных конференциях. Сформулированные автором 6 научных положений, которые базируются на полученных выводах, имеют высокую степень обоснованности и достоверность их не вызывает сомнений.

Представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук диссертационная работа Касьяника Никиты Ивановича несомненно представляет научный интерес, отражающий существенный вклад автора в развиваемое направление, результаты её могут быть использованы в науке и на практике, работа содержит ряд научных выводов, обладающих новизной и представляющих практический интерес, но возникают и некоторые вопросы по изложению текста диссертационной работы, в связи с чем ниже приводятся замечания по диссертационной работе.

Критические замечания:

1. На фоне выверенной структуры диссертационной работы выделяется подраздел 2.2 «Выбор спектрального диапазона вращательного рамановского рассеяния для измерения коэффициента обратного рассеяния и экстинкции атмосферного аэрозоля». На мой взгляд этот раздел перегружен избыточной информацией (включая формулы и графики), не имеющей непосредственное отношение к теме диссертационной работы.
2. В третьей главе, посвященной разработке алгоритма расчета вкладов основных типов аэрозоля, результирующее решение находится путем усреднения всех решений системы уравнений (по всему диапазону

изменения пар $G-\delta$ в испытаниях Монте-Карло). При этом в число усредняемых решений заведомо входят «неверные». Уменьшение их числа можно было бы достичь путем сокращения числа усредняемых решений, ранжируя их по величине невязки и отбирая только определенный процент решений с минимальной невязкой. При таком подходе появляется возможность уточнить и величины $G-\delta$, характерные не для смеси, а для данного типа аэрозоля.

3. Было бы интересно исследовать, как изменится спектр флуоресценции при использовании более коротковолнового излучения. В частности, можно было бы использовать излучение ХеСl-лазера с длиной волны 308 нм.
4. В работе не использован коэффициент деполаризации при длине волны 355 нм. При дальнейшем развитии системы было бы важно рассмотреть такую возможность.
5. Почему спектр обратного флуоресцентного рассеяния был нормирован на сумму всех пяти значений? Не было ли проще нормировать на значение в определённом канале?

Несмотря на отдельные замечания, касающиеся некоторых аспектов исследования, диссертационная работа, в целом, оценивается положительно. Считаю, что автор диссертации Касьяник Никита Иванович показал себя высококвалифицированным специалистом заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

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.

Согласие на обработку персональных данных

Я, Павлов Андрей Николаевич, согласен на обработку, размещение и хранение моих персональных данных, связанную с деятельностью диссертационного совета 24.1.223.03

Официальный оппонент:

Павлов Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05. «Оптика», главный научный сотрудник и заведующий Лабораторией лазерных методов исследования вещества Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт автоматизи и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

690041, г. Владивосток, улица Радио, дом 5

Тел.: +7 (914) 652-61-77

E-mail: anpavlov@iacp.dvo.ru

Главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией лазерных методов исследования вещества Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт автоматизи и процессов управления

Дальневосточного отделения Российской академии наук

А.Н. Павлов

_____ /
(13.08.2025)

Д. А. ЦУКАНОВ

13.08.2025