

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

Федеральное государственное бюджетное
учреждение
"ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ"
(ФГБУ "ЦАО")

ул. Первомайская, д. 3, г. Долгопрудный, М.
о., 141700
Тел. (495) 408-61-48 Факс (495) 576-33-27
ОКПО 0257245 6, ОГРН 1025001202005,
ИНН/КПП 5008000604/500801001

УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУ «ЦАО», к.т.н.



Борисов Ю.А.

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации Колготина А.В.

на тему «МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНГОВОЛНОВОГО ЛИДАРНОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ К ГЛОБАЛЬНОМУ МОНИТОРИНГУ ПАРАМЕТРОВ
АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ »

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
Специальность: 25.00.30 – метеорология, климатология и агрометеорология

Работа Колотина А.В. посвящена анализу и разработке методики дистанционного зондирования атмосферных аэрозолей многоволновым лидаром. Атмосферный аэрозоль является сложной многопараметрической компонентой и при лидарном зондировании атмосферы приходится прибегать к различным априорным предположениям о свойствах исследуемых аэрозолей, что приводит к неоднозначной интерпретации полученных результатов.

Цель настоящей работы заключается в разработке методики получения оптических параметров атмосферных аэрозолей с помощью лидарного зондирования с использованием ограниченного числа длин волн и в отсутствие априорной информации о свойствах аэрозольных частиц.

Решение поставленной задачи базируется на основных положениях теории рассеяния света отдельной частицей, размер которой меньше или сравним с длиной волны используемого излучения. Результаты методических исследований автора подтверждаются независимыми данными измерений.

Диссертация содержит введение, 5 основных глав, заключение, 2 приложения и список используемой литературы. Кратко рассмотрим содержание работы.

Во введении обоснована актуальность темы, дан обзор существующих исследований в этой области, сформулированы цели исследования и обозначены подходы к решению данной некорректной задачи.

В первой главе дана общая постановка задачи многоволнового лидарного зондирования, определены параметры атмосферных аэрозолей, которые должны быть определены по результатам лидарного зондирования.

Во второй главе исследуется решение прямой задачи, т.е. приводятся формулы для вычисления поля рассеяния и деполяризации электромагнитной волны модельной аэрозольной средой.

При построении модели аэрозольной среды автор предполагает, что аэрозоли представляют собой смесь сфер и случайно ориентированных сфероидов, при этом фракция сфероидов составляет некоторую долю в общем объеме и не зависит от размера частиц. Меняя параметры модельной аэрозольной среды, а именно распределение по размерам, диапазон размеров, комплексный показатель преломления частиц, автор смог сравнить рассеивающие свойства среды со сферическими и со сфероидными частицами. Автором показано, что значительное отличие между коэффициентами обратного рассеяния сфер и сфероидов возникает при больших значениях реальной части и малых значениях мнимой части показателя преломления. Эта глава охватывает весьма существенную и область исследований и ее результаты интересны не только в приложении к лидарному зондированию. Особенно интересны результаты влияния комплексного показателя преломления частиц на коэффициенты рассеяния и деполяризацию. К сожалению, автор не рассматривает в модели обводненные двухслойные частицы, к которым можно отнести большинство атмосферных аэрозолей. Кроме того, рассматривая сфероидные частицы, было бы весьма интересно рассмотреть варианты вырожденных сфероидных частиц - пластинок и палочек, которыми характеризуются кристаллические облака. Но эти замечания можно отнести скорее к области исследования, а не к данной конкретной работе.

Проведенное исследование прямой задачи позволило сделать вывод о существовании решения обратной задачи - поиску свойств среды по характеристикам рассеяния и получить оценку точности решения. Для решения обратной задачи автор привлекает регуляризирующий алгоритм Тихонова. И здесь же, во второй главе, дается пошаговый алгоритм такого решения - расчет целевых параметров атмосферных аэрозолей по коэффициентам обратного рассеяния для 3-х длин волн, общего рассеяния для 2-х длин волн и по коэффициентам деполяризации для 3-х длин волн. Набор длин волн определяется выбранным инструментом - рамановским лидаром, с зондирующим излучением на трех длинах волн: 355нм, 532нм и 1064нм.

Для проверки корректности этого алгоритма и устойчивости его к возмущениям в исходных данных, автор провел математическое моделирование. В рамках этого моделирования сначала решается прямая задача, т.е. рассчитываются необходимые коэффициенты рассеяния и деполяризации для неких параметров модельной среды. Затем эти коэффициенты рассеяния и деполяризации возмущаются случайным образом так, что относительная погрешность на каждой длине волны может достигнуть 10% или 20%. Данные со случайной погрешностью подставляются в пошаговый алгоритм обратной задачи и полученные параметры аэрозоля сравниваются с исходными параметрами модельной среды. Такой подход позволил автору оценить влияние каждого из измеряемых параметров на точность восстановления характеристик модельного аэрозоля. Это результат важен для анализа результатов реального зондирования атмосферных аэрозолей. Вторая глава представляется одной из самых значительных и интересных в представленной работе.

В третьей главе одномерная математическая модель обобщается на двумерный случай. Формализуется двумерная концепция обратной задачи, разрабатывается регуляризирующий алгоритм её решения, в котором сглаживающий функционал позволяет стабилизировать решение в двух направлениях одновременно: по размеру частиц и по дистанции зондирования. Двумерный регуляризирующий алгоритм восстановления профиля параметров аэрозолей включает такие же шаги как и одномерный алгоритм в каждом отдельном слое. В работе показано, что такие характеристики аэрозоля как общая концентрация, площадь поверхности и объем могут быть оценены с меньшей ошибкой двумерным алгоритмом. Около 80 % случаев характеризуются лучшими результатами, когда дополнительно активизируется сглаживание вдоль дистанции зондирования. При оценке эффективного размера частиц улучшение результатов обнаружено в 50 % случаев. Комплексный показатель преломления восстанавливается обоими алгоритмами с сопоставимой точностью.

В четвертой главе дано описание так называемого автором быстрого алгоритма линейной оценки поля микрофизических параметров аэрозолей по данным лидарных измерений. В этом алгоритме параметры аэрозолей представляются в виде линейной комбинации взвешенных оптических данных для отдельной частицы. В результате линейная оценка параметров аэрозолей, с вычислительной точки зрения, является очень быстрой операцией и позволяет обрабатывать большое количество массивов оптических данных в реальном времени. Применение быстрой линейной оценки позволяет получить и поля микрофизических параметров аэрозолей.

Для оценки точности быстрого алгоритма автором выполнены теоретические оценки и математическое моделирование. Автор показал, что быстрый алгоритм является стабильным при восстановлении интегральных параметров как крупных, так и малых частиц. Ошибка в оценке общего объема составляет менее 45 % даже в случае погрешности оптических данных, достигающей 20 %. Наибольшей проблемой при применении быстрого алгоритма является оценка мнимой части комплексного показателя преломления. Проведенные исследования показали, что разумная оценка мнимой части показателя преломления требует привлечения априорной информации. В этой же главе исследована возможность упрощения лидарной системы за счет сокращения числа используемых каналов. Показано, что быстрый алгоритм линейной оценки интегральных параметров аэрозолей может быть применен, если обычный набор измеряемых оптических характеристик уменьшить на единицу, то есть использовать три коэффициента обратного рассеяния на трех длинах волн и один коэффициент ослабления. К сожалению, нет объяснения полученного результата и нигде не сказано, что система была ранее переопределена.

Пятая глава посвящена обработке экспериментальных данных и проверке достоверности результатов применения алгоритмов, разработанных автором. Она содержит описание методов экспериментальных исследований, анализ сходимости результатов, полученных методами как активного (лидарного) так и пассивного (на основе солнечного радиометра) зондирования, а так же локального забора проб. С помощью разработанной автором методики получены данные об аэрозолях различных типов, при лидарном зондировании атмосферы в натуральных экспериментах в различных физико-географических условиях. Достоверность полученных результатов подтверждена их согласованностью с результатами локального забора проб и результатами, полученными при измерениях солнечным радиометром.

По результатам рассмотрения текста диссертации и обсуждения диссертационной работы можно сформулировать следующие выводы:

Работа посвящена актуальной теме – дистанционному исследованию атмосферных аэрозолей влияющих на климат и радиационный баланс Земли. На основе созданной автором методики обработки данных лидарного многоволнового зондирования создан программный комплекс для мониторинга параметров атмосферных аэрозолей.

Программный комплекс позволяет проводить обработку большого объема данных лидарного зондирования в реальном времени, благодаря высокой скорости расчетов по предложенным алгоритмам. Комплекс используется в ряде специализированных научно-исследовательских организаций России и за рубежом, что подтверждено материалами, представленными в диссертации. Использование предложенного программного комплекса возможно и в ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» при проведении работ по лазерному зондированию стратосферного и тропосферного аэрозоля с использованием наземного и самолетного лидаров.

В работе подробно обоснованы предложенные алгоритмы обработки данных, даны подробные оценки возможных ошибок, возникающих как из-за погрешности измерений, так и из-за некорректности самой задачи, требующей применения методов регуляризации. Математическое моделирование аэрозольной среды с заранее заданными параметрами, т.е. решение прямой задачи, и последующее восстановление параметров этой среды при решении обратной задачи по предложенным алгоритмам, позволило автору оценить влияние погрешности натуральных измерений и применяемых алгоритмов на каждый из восстанавливаемых параметров атмосферных аэрозолей отдельно. Это новое и актуальное направление исследований.

Диссертационная работа является вполне законченным исследованием. Тем не менее, методы и решения, предложенные автором, позволяют продолжить работу, значительно расширив круг параметров аэрозольных частиц. Представляет значительный интерес рассмотрение модельной среды с обводненными двуслойными частицами, или с кристаллическими частицами не в виде сфер и сфероидов, а в виде палочек или пластинок, что характерно для кристаллических облаков.

Работа хорошо оформлена, написана ясным, четким и грамотным языком. Основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах. Автореферат полностью соответствует положениям диссертации.

Работа заслушана 27.03.2014г. на заседании секции №1 Ученого Совета ЦАО, проведено коллективное обсуждение диссертации и одобрен отзыв ЦАО, как ведущей организации. (Протокол №1 заседания секции от 27.03.2014г.)

Таким образом, диссертация Колготина Алексея Викторовича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. В ней изложены научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в дистанционный мониторинг атмосферных аэрозолей. Это соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Рецензент



/ Чаянова Э. А. /

Чаянова Элеонора Александровна,

канд. физ-мат. наук, с.н. с.,

Зав. лабораторией спектроскопии

отдела исследования состава атмосферы

Центральной аэрологической обсерватории Росгидромета

Подпись

Э. А. Чаянова

авторизовано

Ученый секретарь

Н. А. Юезрунова

Н. А. Юезрунова

