

Отзыв

на автореферат диссертации Малинки Алексея Викторовича
«Асимптотические и стереологические методы в теории светорассеяния и оптическом
дистанционном зондировании», представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертационная работа соответствует пунктам 1 (геометрическая оптика, интерференция и дифракция), 2 (оптика рассеивающих сред) и 5 (разработка основ новых технологий оптической регистрации и обработки изображений, передачи информации и электромагнитной энергии, диагностики биообъектов, природных и техногенных объектов и процессов) раздела III паспорта специальности 01.04.05 – оптика, отрасли «физико-математические науки».

Актуальность

Диссертационная работа Малинки А.В. несомненно носит актуальный характер, поскольку она посвящена решению целого ряда важных проблем, непосредственно относящихся к исследованию глобального изменения климата и воздействия человеческой деятельности на окружающую среду.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Положения 1, 2, 3, вынесенные автором диссертации на защиту, являются наиболее важными из 7 положений, сформулированных в автореферате. Данные положения отражают фундаментальный вклад диссертанта, который был внесен лично им в теорию рассеяния света в дисперсных средах за последние одно-два десятилетия. Положения 4, 5, 6, 7, которые вынесены на защиту, представляют наибольший интерес для приложений теории рассеяния света дисперсными средами. В частности, автор разработал оптические модели снежицы и снежного покрова Антарктиды, а также предложил приближенный метод восстановления характеристик арктического летнего льда. Более того Малинка А.В. разработал метод восстановления размеров частиц в облаках и океане посредством зондирования рамановскими лидами и лидами высокого спектрального разрешения с множественным полем зрения. Положения 4-6 в существенной мере подтверждают важность использования оригинальных фундаментальных результатов, сформулированных в положениях 1-3, при исследовании свойств геофизических дисперсных сред и физического моделирования климата земли. Подавляющая часть результатов, сформулированных в положениях 4-7, являются оригинальными. Однако в силу исключительной сложности решенных диссертантом проблем ему пришлось воспользоваться рядом уже давно известных в теории переноса излучения (нейтронов) приближенных методик (в частности, транспортным и двухпоточковым приближениями). Этот факт, вообще говоря, частично ограничивает область применимости изложенных в диссертации методик решения обратных задач.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Результаты, изложенные в первых трех главах диссертации, достаточно четко обоснованы с математической и физической точек зрения. В четвертой главе результаты, полученные в первых трех главах, были применены к описанию оптических свойств снега, белого льда и снежицы. В главе 4 были также описаны модели для расчета отражательных способностей снежного слоя, снежицы и белого льда. Применимость этих моделей для анализа оптических свойств данных

геофизических дисперсных сред была продемонстрирована посредством проведения ряда соответствующих расчетов и сравнения полученных значений спектрального альбедо с результатами нескольких экспериментов. Сравнение теоретических и экспериментальных данных показало, что предложенные модели можно использовать при исследовании оптических свойств указанных выше дисперсных сред для целого ряда ситуаций, рассмотренных в 4 главе. Однако, в диссертации (4 глава) при анализе применимости предложенных моделей автор использовал алгоритм расчета отражательных способностей, частью которого является «коды переноса излучения». Из изложенного в тексте реферата следует, что автор диссертации использовал в этих кодах (полностью или частично) транспортное и двухпотоковое приближения, которые, как известно, имеют ограниченные области применимости. В связи с этим обстоятельством следует отметить ряд фактов и сделать некоторые замечания, относящиеся к главе 4. Во-первых, решения краевых задач для интегро-дифференциального уравнения переноса излучения могут быть строго представлены только с использованием всего дискретного и непрерывного спектров характеристического интегрального уравнения переноса излучения (частный вариант данного уравнения был сформулирован еще в 40-ые годы 20 века академиком В.А. Амбарцумяном). Во-вторых, в работах Н.Н. Роговцова, А.М. Самсона (1976 г.) было строго показано, что даже для случая изотропного рассеяния для любого альбедо однократного рассеяния пренебрежение учетом непрерывного спектра может приводить к относительным погрешностям в пределах примерно 10% (но не более). В-третьих, для случая изотропного рассеяния существует только один положительный элемент дискретного спектра характеристического уравнения. Поскольку в двухпотоковом приближении используются, фактически, обыкновенные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, то учет в рамках этого приближения наличия непрерывного спектра, в принципе, исключен. В-четвертых, использование транспортного приближения сводит решение задачи для случая сильно вытянутых в направлении «вперед» индикатрис рассеяния к случаю изотропного рассеяния, но с измененными характеристиками «элементарного объема». Из сказанного выше следует, что использование транспортного и двухпотокового приближений не могут учесть наличие непрерывного спектра и элементов дискретного спектра, которые по модулю больше минимального элемента этого спектра. В-пятых, для фазовых функций (индикатрис рассеяния), имеющих сложный функциональный вид в пределах единичной сферы, наличие дополнительных элементов дискретного спектра (их может быть конечное и бесконечное количество) является скорее правилом, чем исключением. В-шестых, для случая почти консервативного рассеяния и «резко анизотропных» индикатрис рассеяния коэффициенты яркости и плоское альбедо достаточно сильно изменяются даже при незначительных изменениях альбедо однократного рассеяния. Строгие аналитические выражения и численные значения для этих величин для случая полубесконечной дисперсной среды были получены в работе: Rogovtsov N.N., Borovik F. Application of General Invariance Relations Reduction Method to Solution of Radiation Transfer Problems, J.Q.S.R.T., **183**, 2016, 128-153. В данной публикации в явном виде продемонстрированы сложности, возникающие при строгом решении краевых задач для уравнения переноса излучения для случая произвольных индикатрис рассеяния. В-седьмых, общеизвестно, что обратные задачи (они и решались в 4 главе) являются плохо обусловленными или некорректными.

С учетом вышесказанного автору диссертации следовало бы в реферате дать пояснения и ответить на следующие замечания:

1. Каким образом были преодолены принципиальные сложности использования приближенных методик при достижении достаточно хорошего согласия расчетных и экспериментальных данных?
2. Применимо ли классическое уравнение переноса излучения для анализа оптических свойств снега и льда? Ведь результаты строгой теории переноса излучения частично не

согласуются с использованными приближенными методиками! Может быть классическое уравнение переноса излучения нельзя напрямую использовать для случая таких плотно упакованных дисперсных сред как снег и лед?

3. Каким образом удалось преодолеть плохую обусловленность рассмотренных обратных задач?
4. Достаточно ли информация, полученная в ряде экспериментов, чтобы утверждать, что разработанные алгоритмы применимы для исследования оптических свойств сред, перечисленных в конце описания содержания 4 главы?

Материал, изложенный в 5 и 6 главах представляется достаточно обоснованным и достоверным. Проверка полученных результатов осуществлялась посредством моделирования методом Монте-Карло и результатами измерений лидарного сигнала от морской волны.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации

Диссертация имеет высокую значимость полученных в ней результатов по всем перечисленным в этом пункте направлениям.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Научные результаты опубликованы в 6 коллективных монографиях, 33 статьях в рецензируемых журналах, 17 статьях в рецензируемых сборниках, 14 статьях в нерцензируемых журналах/сборниках трудов, 26 тезисах докладов.

Соответствие оформления автореферата требованиям ВАК

Оформление автореферата соответствует требованиям ВАК.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Работа соответствует требованиям, установленным главой 3 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий». Научная квалификация автора диссертации соответствует искомой степени, а ее автор Малинка Алексей Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Согласен на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси в сети Интернет.

Доктор физико-математических наук, профессор,

Роговцов Н.Н.

« 8 » . 09 . 2025

Роговцов

