

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.061.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.05.2019 № 5

О присуждении Шефер Ольге Владимировне, гражданину Российской Федерации **ученой степени доктора физико-математических наук.**

Диссертация «Параметризованная модель кристаллического облака для исследования характеристик однократного рассеяния лучистой энергии» **по специальности** 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы **принята к защите** 13.02.2019 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 003.061.01, созданным **на базе** Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, приказ Минобрнауки России №75/нк-38 от 15.02.2013 г.

Соискатель Шефер Ольга Владимировна, 1960 года рождения, работает доцентом в Инженерной школе информационных технологий и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». **Диссертацию** на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук «Оптическая модель кристаллического облака применительно к поляризационному лазерному зондированию» по специальности 01.04.05 – оптика защитила в 1992 году, в диссертационном совете, созданном на базе Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева.

Диссертация выполнена в Инженерной школе информационных технологий и робототехники (предыдущее наименование Институт кибернетики) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный консультант – доктор физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, профессор, Каргин Борис Александрович, заведующий лабораторией стохастических задач Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Матвиенко Геннадий Григорьевич, доктор физико-математических наук, специальность 01.04.05 – оптика, старший научный сотрудник по специальности оптика, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник, руководитель отделения лазерного зондирования;

Черемисин Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук, специальность 01.04.14 – теплофизика и молекулярная физика, профессор по кафедре оптики и спектроскопии, Красноярский институт железнодорожного транспорта филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин;

Петрушин Александр Григорьевич, доктор физико-математических наук,

специальность 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, доцент по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, Обнинский институт атомной энергетики – филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»», профессор кафедры высшей математики, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА им. А.М. Обухова РАН), г. Москва **в своем положительном отзыве**, подписанном Перцевым Николаем Николаевичем, доктором физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, ведущим научным сотрудником лаборатории физики верхней атмосферы отдела исследования климатических процессов, **указала, что** диссертационная работа О.В. Шефер выполнена на высоком научном уровне, является научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных лично автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых является научным достижением, обеспечивающим решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития приоритетных для мирового сообщества направлений фундаментальных исследований кристаллических облаков, использующих оптические методы. Полученные диссертантом новые научные результаты имеют важное значение для развития соответствующей отрасли науки, прежде всего для решения задач, связанных с переносом излучения через кристаллические облака, и для их исследования с применением лазерного и пассивного зондирования. Представленные данные в диссертации, выводы и рекомендации являются обоснованными. Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 28.08.2017) и соответствует специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы по

отрасли физико-математические науки, а ее автор О.В. Шефер заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Соискатель имеет 112 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 104 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 40 (рекомендованных ВАК, включая 7 статей в зарубежных научных журналах с $IF > 1$). По теме диссертации опубликованные работы представляют собой статьи в научных журналах, материалы конференций, препринт. Общий объем публикаций 644 страниц (**74.38 печатных листа**), личный вклад автора – **48.3 п.л.** Публикации в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Попов А. А., Шефер О.В. Теоретическое исследование поглощения оптического излучения ориентированными ледяными пластинками в ИК-диапазоне // Оптика атмосферы и океана. 1994. – Т.7. – №1. – С.18–23.

В данной статье приводятся аналитические выражения для расчета коэффициентов ослабления, поглощения, альбедо однократного рассеяния для системы горизонтально ориентированных крупных пластинок, полученных в рамках метода физической оптики.

Личный вклад автора заключается в выводе аналитических выражений для расчета коэффициентов ослабления и поглощения, разработке алгоритмов и комплекса программ с последующим проведением численных расчетов, а также в участии в обсуждении полученных результатов. Авторский вклад: 0.35 п.л. Общий объем: 0.693 п.л.

2. Popov A.A., Shefer O.V. Theoretical and numerical investigations of the intensity of lidar signal specular-reflected from a set of oriented plates // J. Appl. Opt. 1994. – V.33. – No.30. – P.7038–7044.

Данная статья посвящена численному исследованию коэффициента аномального обратного рассеяния для случая зеркально отраженного излучения от системы горизонтально ориентированных крупных пластинок. Здесь представлено аналитическое выражение для расчета этой характеристики.

Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов и комплекса программ для расчета характеристик зеркально отраженного излучения от системы пластинок, в проведении численного исследования, а также в участии в обсуждении полученных результатов. Авторский вклад: 0.4 п. л. Общий объем: 0.8 п. л.

3. Popov A.A., Shefer O.V. Theoretical and numerical investigation of the polarization properties by a set of oriented ice plates // J. Appl. Opt. 1995. – V.34. – No.4. – P.1488–1492.

Данная статья посвящена численному исследованию поляризационных характеристик оптического излучения, представляющих собой отношение параметров вектора Стокса для обратно рассеянного излучения в случае крупных преимущественно ориентированных пластинок.

Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов и комплекса программ, в проведении численного исследования поляризационных характеристик обратного рассеяния от системы пластинок, а также в участии в обсуждении полученных результатов. Авторский вклад: 0.29 п. л. Общий объем: 0.58 п. л.

4. Шефер О.В. Возможность определения параметров спектра размеров пластинчатых кристаллов и их флаттера по данным моностатического и

бистатического лазерного зондирования // Оптика атмосферы и океана. 2003. – Т.16. – №4. – С.347–353.

В статье исследуется информативность характеристик отраженного оптического излучения от системы крупных преимущественно ориентированных пластинок для определения физико-химических параметров частиц.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. Авторский вклад: 0.81 п.л. Общий объем: 0.81 п.л.

5. Шефер О.В. Оценка характеристик отраженного излучения применительно к моностатическому и бистатическому лазерному зондированию кристаллических облаков, содержащих ориентированные частицы // Оптика атмосферы и океана. 2003. – Т.16. – №9. – С.792–803.

В статье дается сравнительная оценка высокоамплитудного излучения, отраженного от различных по форме облачных кристаллов. Представленные соотношения для коэффициентов рассеяния обеспечивают исследование углового распределения интенсивности рассеянного излучения наряду с его поляризационными свойствами.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. 1.39 п. л. Общий объем: 1.39 п. л.

6. Шефер О.В. Оптическая модель для исследования характеристик света, прошедшего через ориентированную пластинку // Оптика атмосферы и океана. 2004. – Т.17. – №8. – С.621–626.

Данная статья посвящена разработке оптической модели частицы для исследования энергетических и поляризационных характеристик света, прошедшего через крупную полупрозрачную пластинку. Представленные соотношения для расчета характеристик светорассеяния получены в рамках метода физической оптики.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. Авторский вклад: 0.69 п. л. Общий объем: 0.69 п. л.

7. Shefer O., Popov A. Extinction and small angle scattering by thin plate crystals // *Appl. Opt.* 2010. – V.49. – No.8. – P.1434–1445.

Данная статья посвящена разработке оптической модели пластинчатого кристалла для расчета матрицы экстинкции и матрицы рассеяния излучения, а также анализу результатов численного исследования.

Личный вклад автора был определяющим в постановке задачи, разработке и реализации алгоритма расчета, проведении численного исследования характеристик ослабления и рассеяния в дифракционных углах, а также в анализе полученных результатов. Авторский вклад: 0.92 п.л. Общий объем: 1.39 п.л.

8. Shefer O. Numerical study of extinction of visible and infrared radiation transformed by preferentially oriented plate crystals // *J. Quant. Spectr. Rad. Trans.* 2013. – V.117. – P.104–113.

Данная статья посвящена исследованию характеристик рассеяния вблизи направления вперед и характеристик ослабления видимого и ИК излучения для системы крупных преимущественно ориентированных пластинчатых кристаллов с учетом анизотропии.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. Авторский вклад: 1.155 п. л. Общий объем: 1.155 п. л.

9. Voitsekhovskaya O.K., Kashirskii D.E., Egorov O.V., Shefer O.V. Modeling absorption spectra for detection of combustion products of jet engines by laser remote sensing // *Appl. Opt.* 2016. – V.55. – No.14. – P.3814–3823.

Данная статья представляет модельные спектры поглощения продуктов сгорания авиационных и ракетных двигателей, представляющих собой выхлопы газов различной природы и аэрозолей, содержащей сажу и триоксид диалюминия.

Оценено влияние аэрозольных частиц на спектры поглощения газом.

Личный вклад автора заключается в разработке алгоритмов и комплекса программ, в проведении численного исследования оптических характеристик аэрозольной составляющей. Личный вклад автора был определяющим в обсуждении результатов расчета для аэрозольной составляющей. Авторский вклад: 0.289 п.л. Общий объем: 1.155 п.л.

10. Shefer O. Extinction of radiant energy by large atmospheric crystals with different shapes // J. Quant. Spectr. Rad. Trans. 2016. – V.178. – P.350–360.

Данная статья посвящена анализу результатов расчета энергетических и поляризационных характеристик ослабления видимого и ИК излучения для отдельных крупных кристаллов и их ансамблей. Обсуждается влияние форм частиц, фактора формы, параметров распределения по размерам, комплексного показателя преломления, ориентации кристаллов, длины волны и состояния поляризации падающего излучения на характеристики ослабления.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. Авторский вклад: 1.27 п. л. Общий объем: 1.27 п. л.

11. Shefer O. Numerical study of influence of different dispersed components of crystal cloud on transmission of radiant energy // J. Quant. Spectr. Rad. Trans. 2017. – V.201. – P.148–155.

Данная статья посвящена анализу результатов расчета функции пропускания видимого и ИК излучения атмосферным слоем, содержащим мелкие частицы и крупные преимущественно ориентированные кристаллы. Показано преимущественное влияние на спектральную зависимость пропускания крупных пластинок.

Личный вклад автора: вся работа была выполнена автором. Авторский вклад: 1.27 п. л. Общий объем: 1.27 п. л.

12. Шефер О.В., Каргин Б.А. Ослабление лучистой энергии в уравнении переноса излучения для кристаллических облаков // Известия вузов. Физика. 2018. – Т.61. – №9. – С. 18–28.

В статье представлена систематизированная информация о применении различных видов формализации ослабления для решения уравнения переноса излучения через кристаллическое облако. Иллюстрируются основные закономерности ослабления видимого и ИК излучения, являющиеся основой для оценки степени необходимости учета особенностей энергетических и поляризационных характеристик экстинкции, формируемых кристаллами с различными микрофизическими, оптическими и ориентационными параметрами.

Личный вклад автора заключается в участии постановки задачи, в проведении расчетов и участии в обсуждении полученных результатов. Авторский вклад: 0.635 п. л. Общий объем: 1.27 п. л.

Все выносимые на защиту результаты принадлежат соискателю лично. Соавторы согласны с авторским вкладом соискателя в совместных работах. Все программы ЭВМ для расчета оптических характеристик частицами разработаны **лично** Шефер О.В.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность проблематики диссертационного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Отмечается, что диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, удовлетворяет требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, соответствует специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

1. Отзыв на автореферат, составленный доктором физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, Архиповым

Владимиром Афанасьевичем, Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор, заведующий отделом газовой динамики и физики взрыва (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 стр. 27; тел.: 8(3822) 529-656; e-mail: leva@niipmm.tsu.ru). Отзыв положительный, не содержит критических замечаний.

2. Отзыв на автореферат, составленный доктором физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика, профессором Войцеховской Ольгой Кузьминичной, Национальный исследовательский Томский государственный университет, профессор кафедры квантовой электроники и фотоники (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; тел.: +7-913-857-23-22; e-mail: vok44@mail.tsu.ru). Отзыв положительный, не содержит критических замечаний.

3. Отзыв на автореферат, составленный доктором физико-математических наук по специальности 01.04.12 – физика ядра и элементарных частиц, профессором Учайкиным Владимиром Васильевичем, Ульяновский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики (г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42; тел.: +7-987-687-59-71; e-mail: vuchaikin@gmail.ru). Отзыв положительный, содержит замечания.

1. Отмечая (в п.6. стр 25 автореферата) простоту полученных им аналитических выражений для коэффициентов ослабления, поглощения, альbedo однократного рассеяния, а также аномального обратного рассеяния для горизонтально ориентированных полупрозрачных пластинчатых кристаллов при модифицированном гамма-распределении частиц по размерам, автор умалчивает, какой ценой это достигается. Я имею в виду отсутствие количественных сведений о точности этих соотношений, их области применимости и ясного указания на физические основания для такого упрощения.

2. В списке результатов докторской диссертации, занимающем 3 полных

страницы реферата нет ни единой ссылки на чужие работы которых и есть единственный способ демонстрации научной новизны собственной работы и оригинальности ее выводов. На самом деле, автором разработана интересная модель, с помощью которой получены новые важные результаты, и жаль, что это не нашло убедительного отражения в автореферате. Вместо этого читаем сухой отчет о выполненной работе: «...сформированы критерии совместного и раздельного учета влияния молекулярного поглощения и аэрозольной экстинкции... Выделены диапазоны длин волн, где в наибольшей мере проявляется селективность тех или иных составляющих среды... продемонстрировано преобладающее воздействие крупных преимущественно ориентированных пластинок на спектральный ход пропускания оптического излучения». И где же эти критерии? Каковы эти диапазоны? «Тех или иных» - это каких?

3. Наконец, третье замечание. Одним из ключевых слов в названии диссертации является *однократное рассеяние*. Казалось бы, автор должен на каком-то этапе поднять вопрос о многократном рассеянии – направлении, в котором и Томский политехнический университет, где выполнялась эта работа, и ИВМиМГ СО РАН, где предстоит защита диссертации, заслуженно считаются мировыми лидерами. Однако мне не удалось найти в автореферате упоминания об этом эффекте, игнорировать который в рамках поставленной задачи я не вижу никаких причин.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области рассеяния света кристаллическими облаками и применения оптических методов для их исследования, большим опытом выполнения научно-исследовательских работ, наличием недавних публикаций по указанной тематике, а также их профессиональной способностью оценить научную новизну, достоверность и практическую и научную ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физико-математическая модель многокомпонентной полидисперсной среды и методики расчета энергетических и поляризационных оптических характеристик кристаллического облака для исследования процессов зондирования и переноса излучения в анизотропных средах, а также для уточнения климатических моделей;

получены новые физико-математические параметризованные модели (1) газодисперсной среды с учетом природы газовых и дисперсных составляющих с различными физико-химическими свойствами для расчета ослабления и пропускания видимого и ИК излучения, и (2) полидисперсной среды, состоящей из крупных преимущественно ориентированных пластинчатых кристаллов, для расчета характеристик однократного рассеяния, в том числе матрицы рассеяния и матрицы экстинкции;

доказано, что основной вклад в формирование спектральной зависимости коэффициента ослабления обеспечивают крупные преимущественно ориентированные пластинки;

в результате выполнения исследований **выявлены** параметры частиц и излучения для обеспечения нейтрального и спектрального хода характеристик ослабления;

предложены схемы оценивания микрофизических, оптических и ориентационных параметров кристаллов по данным энергетических и поляризационных характеристик высокоамплитудного зеркально отраженного излучения от системы крупных преимущественно ориентированных пластинок, содержащихся в полидисперсной среде;

установлено, что крупные преимущественно ориентированные пластинки обеспечивают наиболее яркое (на порядки более выраженные, чем другие частицы) проявление поляризационных свойств экстинкции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность применения модели в виде ансамбля пластинок для исследования аномального рассеяния кристаллическим облаком, содержащим крупные преимущественно ориентированные пластинки. Это объясняется тем, что никакие другие частицы, по форме, отличные от пластинок, не могут сформировать сравнимый по величине хотя бы порядком высоко интенсивное зеркально отраженное излучение от крупных пластинок; также **доказана** корректность использования моделей полидисперсной среды, представленной ансамблем крупных преимущественно ориентированных пластинок и системой частиц, соизмеримых с длиной волны падающего излучения, для объяснения спектральной зависимости ослабления многокомпонентным кристаллическим облаком;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован для расчета характеристик рассеяния крупными кристаллами гибридный метод, представляющий собой комбинацию методов физической и геометрической оптики; рассеяние и ослабление излучения преимущественно ориентированными частицами представлены в векторной форме, что **обеспечивает определение** не только энергетических, но и поляризационных особенностей оптических характеристик; **реализована** возможность когерентного суммирования дифрагированного и рефракционного полей с учетом фазовых сдвигов, при использовании интеграла Фраунгофера рассеянное поле из ближней зоны корректно пересчитывается в дальнюю зону;

изложены основные положения, преимущества, проблемы и область применимости новых параметризованных моделей полидисперсной среды для исследования оптических характеристик кристаллических облаков;

раскрыты характер (1) проявления поляризационных характеристик ослабления видимого и ИК излучения крупными преимущественно ориентированными

кристаллами и (2) информативность энергетических и поляризационных характеристик аномального рассеяния применительно к моностатическому и бистатическому зондированию кристаллических облаков;

изучены причинно-следственные связи, обеспечивающие спектральный и нейтральный ход интегральным характеристикам ослабления оптического излучения атмосферными кристаллами различной природы

проведена модернизация существующих физико-математических моделей кристаллического облака посредством введения закона распределения частиц по размерам, фактора формы, комплексного показателя преломления в зависимости от длины волны падающего излучения видимого и ИК диапазонов с учетом возможности рассмотрения неполяризованного и поляризованного излучения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны новые схемы интерпретации энергетических и поляризационных характеристик аномального рассеяния кристаллическим облаком с целью восстановления их физико-химических параметров применительно к моно-бистатическому зондированию, по данным высоко интенсивного зеркально отраженного излучения от крупных кристаллов;

разработанная модель многокомпонентной газовой-дисперсной смеси для расчета ослабления и пропускания видимого и ИК излучения **обеспечивает** имитацию сред природного и антропогенного происхождения и оценку состава среды;

определены пределы и перспективы практического использования схем оценивания физико-химических параметров облачных кристаллов по данным аномального рассеяния;

создана модель матрицы экстинкции, обеспечивающая более точное представление характеристик ослабления, используемых в задачах лазерного зондирования и переноса излучения с учетом анизотропии;

представлены методические рекомендации для оценивания с заданной

точностью вкладов газовой и дисперсной составляющих среды в общее ослабление смесью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показано соответствие полученных результатов вычислительных экспериментов существующим теориям, наблюдениям и натурным экспериментам;

теория построена на основе фундаментальных законов геометрической и физической оптики с использованием известных проверяемых данных, а рассчитанные на их основе оптические характеристики согласуются с соответствующими асимптотическими величинами;

установлено качественное согласие авторских результатов с опубликованными экспериментальными данными, представленными в независимых источниках, и количественное совпадение с рядом экспериментальных данных и результатами расчетов других авторов, проведенными для отдельных частиц;

для разработки оптических моделей крупных кристаллов **использованы** методы и приемы, эффективность которых подтверждается ведущими специалистами мирового уровня в этой области.

Личный вклад соискателя состоит в (1) постановке всех задач, рассмотренных в диссертации; разработке и численной реализации алгоритмов расчета оптических характеристик полидисперсной средой, включая физико-математические модели матрицы рассеяния и матрицы экстинкции для отдельной крупной пластинки; формировании модели газовой-аэрозольной среды, алгоритмизации, проведении расчетов; численном исследовании и систематизации оптических характеристик однократного рассеяния для отдельных частиц и их ансамблей; подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 22 мая 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Шефер О.В. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, участвующих в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета Д 003.061.01
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор



Михайлов Геннадий Алексеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.061.01
доктор физико-математических наук, доцент

Рогазинский Сергей Валентинович

22 мая 2019 года