



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН «КраО РАН»
Ростопчина-Шаховская Алла Николаевна

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ в которой выполнена диссертация

Выписка из протокола Астрофизического семинара Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» (КраО РАН) от 08 апреля 2026 года. Присутствовали 32 научных сотрудника, в том числе:

д.ф.-м.н. В.И. Абраменко, к.ф.-м.н. К.А. Антонюк, к.ф.-м.н. О.И. Антонюк, к.ф.-м.н. М.С. Бутузова, д.ф.-м.н. Г.А. Галазутдинов, д.ф.-м.н. К.Н. Гранкин, к.ф.-м.н. А.В. Жукова, д.ф.-м.н. С.А. Коротин, д.ф.-м.н. А.С. Куценко, к.ф.-м.н. С.В. Назаров, д.ф.-м.н. Е.П. Павленко, д.ф.-м.н. П.П. Петров, Д.Б. Поклад, к.ф.-м.н. А.Н. Ростопчина-Шаховская, к.ф.-м.н. В.В. Смирнова, д.ф.-м.н. А.Е. Тарасов, к.ф.-м.н. Т.Н. Тарасова, д.ф.-м.н. В.Ю. Теребиж, к.ф.-м.н. Ю.А. Фурсяк.

Слушали: доклад Д.В. Петрова о диссертации «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и атмосфер комет», представляемой на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 - Физика космоса, астрономия.

Петров Дмитрий Владимирович, род. 11.08.1977, в 2001 году окончил Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина по специальности «оптика, лазерная физика» с присуждением квалификации «физика». С 2001 по 2004 г. обучался в аспирантуре ХНУ им. В.Н.Каразина. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук на тему «Фотометрические свойства поверхностей и частиц с предфрактальной структурой» защитил 08 апреля 2005 года в диссертационном совете ХНУ

им. В.Н.Каразина. Диплом о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук выдан 30 июня 2005 года (ДК 030364). Работает в КРАО РАН с 2015 г., в настоящее время – в должности ведущего научного сотрудника. Научным консультантом является д.ф.-м.н. Киселев Николай Николаевич, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией малых тел Солнечной системы отдела физики Солнца и Солнечной системы Крымской Астрофизической Обсерватории РАН.

По итогам обсуждения диссертации «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и атмосфер комет» принято следующее заключение:

Актуальность. Частицы пыли играют решающую роль в физике и химии объектов Солнечной системы. Изучение физико-химических свойств частиц в атмосферах комет и на поверхности безатмосферных тел может пролить свет на происхождение и эволюцию Солнечной системы и жизни. Дистанционное зондирование космических объектов с Земли в настоящее время продолжает оставаться основным методом их изучения, несмотря на значимые результаты, полученные космическими миссиями, из-за ограниченности космических полетов. В результате прямых или косвенных наблюдений малых тел получен значительный объем данных о характеристиках излучения, рассеянного этими телами. Однако, для получения точной количественной информации о физических свойствах частиц и тел необходимо дальнейшее развитие фундаментальных физических основ механизмов рассеяния излучения. Это, а также усовершенствование методов моделирования и сопоставление их с результатами наблюдений малых тел Солнечной системы является весьма актуальными задачами и составляют основу диссертационной работы.

Из вышеизложенного становится очевидно, что актуальными являются следующие конкретные задачи:

1. Развитие нового подхода к решению задач рассеяния света для отдельных частиц и групп частиц с использованием как аналитических, так и численных решений уравнений Максвелла.
2. Использование разработанного подхода для развития методов дистанционного зондирования и диагностики частиц, позволяющих

восстанавливать физические параметры для сложных и реалистичных моделей рассеивающих сред.

3. Применение разработанного подхода для интерпретации данных поляриметрических наблюдений объектов Солнечной системы, таких как кометы и астероиды.

Научная новизна. Научная новизна исследований, представленных соискателем определяется следующим:

- Разработано новое направление для решения задач рассеяния света - метод матриц формы, позволяющий осуществлять компьютерное моделирование характеристик рассеянного света для частиц разнообразных форм, в том числе и для частиц неправильной, случайной формы. Метод позволяет вычислить все характеристики рассеянного света – интенсивность и поляризацию, для частиц, форму которых можно описать однозначной функцией в сферической системе координат. Метод обладает преимуществами по сравнению с иными методами, которые применяются для частиц, обладающих осью симметрии, и по сравнению с методами, требующими численного усреднения по ориентациям рассеивающей частицы.

- Разработана новая модель сопряженных случайных гауссовских частиц, обладающих неровностями как на крупном, так и на мелком масштабе. Такие частицы представляют собой более реалистичную модель реальных частиц, входящих в состав пыли на поверхности астероидов или входящих в состав атмосфер комет.

- Создана новая поляриметрическая калибровка альbedo астероидов, позволяющая определять альbedo по степени асимметрии отрицательной ветви степени поляризации.

- Показано, что положение и величина (α_{\max} и P_{\max}) максимума положительной ветви поляризации астероидов определяются вариациями мнимой части показателя преломления. В результате, в частности, объяснено значительное отличие $\alpha_{\max} \approx 70^\circ$ астероидов E-типа от $\alpha_{\max} \approx 100^\circ$ астероидов других типов.

- Показано влияние присутствия в пылинках кварца на форму 10 μm силикатной эмиссионной особенности, наблюдаемой в спектрах некоторых комет. Определен силикатный состав частиц околосолнечной кометы Ikeya-Seki (C/1965 S1).

- Доказано влияние спектральной зависимости показателя преломления на поляризметрические свойства ледяных частиц. Получены наиболее подходящие значения фиксированного показателя преломления для известных фильтров R, V и I, минимизирующие данное влияние.

- В результате компьютерного моделирования фазовых зависимостей степени линейной поляризации определён химический состав и физические параметры частиц комы пылевых комет и частиц реголитовой поверхности астероида (3200) Phaethon. Показано, что для однозначной интерпретации наблюдений методами компьютерного моделирования поляризационных кривых необходимы мультиспектральные наблюдения как минимум в трех различных спектральных диапазонах.

Научная и практическая значимость. Научная и практическая значимость диссертационного исследования Петрова Д.В. состояли в развитии и применении унифицированного микрофизического подхода к задачам компьютерного моделирования характеристик электромагнитных волн, рассеянных частицами различной формы, различными показателями преломления и различными размерами. А также в применении данного подхода для интерпретации наблюдательных данных комет и астероидов.

Данное исследование проведено на пересечение областей электромагнетизма, оптики, дистанционного зондирования и астрофизики. Предложенное новое направление - метод матриц формы расширяет теоретические основы понимания процессов рассеяния и открывает широкие перспективы в дистанционном зондировании удалённых объектов. Новая модель сопряженных случайных гауссовских частиц позволяет получать реалистичные данные о физических характеристиках и химическом составе самых разнообразных объектов Солнечной системы. Разработанные численные методы и компьютерные программы значительно расширили возможности расчетов оптических свойств отдельных частиц и полидисперсных сред. На их базе возможно дальнейшее уточнение существующих моделей и создание новых механизмов светорассеяния.

Проведенное исследование может быть применено для решения важнейших практических задач, таких как мониторинг изменения климата и возможности быстрого реагирования на стихийные бедствия – от лесных пожаров до вулканической активности.

В освоении космического пространства метод матриц формы предоставляет возможность дистанционно изучать поверхности других планет и спутников нашей Солнечной системы, выявляя их минералогический состав, геологические процессы и потенциальные признаки прошлой или настоящей жизни.

Помимо этого, становится возможным более тщательное изучение свойств объектов, сближающихся с Землей, что критически важно для защиты Земли от астероидно-кометной опасности и для оценки ресурсного потенциала астероидов.

Степень достоверности полученных результатов. Достоверность представленных в диссертационной работе результатов обеспечивается сопоставлением разработанного метода с проверенными методами и подходами и обоснованным выбором объектов исследования, данных наблюдений и методов обработки, прошедших апробацию, а также согласованностью с опубликованными результатами других авторов и обсуждением полученных результатов на российских и международных конференциях и семинарах. Результаты опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Личный вклад соискателя. Все результаты, выносимые на защиту, получены либо лично диссертантом, либо при его личном и определяющем участии в постановке задачи, разработке теории и компьютерных программ, подготовке и выполнении расчетов, анализе и интерпретации результатов, формулировке выводов и подготовке публикаций. Все результаты, приведенные в четырёх главах диссертации, опубликованы в 38 статьях в рецензируемых журналах, в том числе 29 с первым авторством. Вклад соискателя во всех публикациях был не меньшим, чем других соавторов.

Основные идеи и положения работы изложены в 38 научных работах автора. 35 из них рекомендованы ВАК и входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и/или Scopus). Из 35 работ 3 опубликованы в журналах категории К3, 4 статьи опубликованы в российском журнале категории К2, остальные журналы (28 статей) имеют категорию К1.


Участники Астрофизического семинара КрАО РАН считают, что представленная диссертация является завершённой научно-исследовательской работой, уровень которой полностью удовлетворяет всем

требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и атмосфер комет» Петрова Дмитрия Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия» (физико-математические науки).


Заключение принято на астрофизическом семинаре Крымской астрофизической обсерватории РАН. На заседании присутствовало 32 чел. Результаты голосования: «за» - 32 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел. Протокол № 1 от «08» апреля 2026 г.

Руководитель
астрофизического семинара




Галазутдинов Газинур Анварович,
доктор физ.мат. наук, в.н.с.,
отдел физики звезд

Секретарь астрофизического
семинара



Бугузова Марина Сергеевна,
кандидат физ.мат. наук, с.н.с.
отдел радиоастрономии и
геодинамики

Зам директора по научной
работе КраО РАН



Антонюк Кирилл Анатольевич,
кандидат физ.мат. наук