

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Петрова Дмитрия Владимировича

*«Метод матриц формы и его применение для интерпретации
поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и
атмосфер комет»*

представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия

Диссертационная работа Д.В. Петрова «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и атмосфер комет» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской Академии Наук». Она состоит из Введения, четырех глав, Заключения, Списка литературы, содержащего 486 наименования и Приложения. Общий объем диссертации – 310 страниц.

Изучение поляризации рассеянного света является одним из наиболее эффективных методов наблюдательного изучения безатмосферных тел Солнечной системы (астероидов, ядер комет, спутников планет). Спектр поляризованного излучения несет информацию не только о химическом составе, но и о размере и даже форме рассеивающих частиц. Определение этих параметров является классической обратной задачей наблюдательной астрофизики и требует построения точных математических моделей, а также новых подходов, основанных на современных численных расчетах. Именно этой проблеме и посвящена рассматриваемая диссертация, что обеспечивает ее **актуальность** как для современной астрофизики, так и ряда прикладных задач, связанных с изучением аэрозольных частиц различной природы.

Диссертация последовательно рассматривает современные наземные измерения фазовых зависимостей поляризованного излучения небесных тел (от Луны до межпланетной пыли), отдельно останавливаясь на механизмах описания отрицательной поляризации и методах расчета рассеянного света (**первая глава**). Затем, во **второй главе** диссертант рассматривает математические основы разработанного им метода матриц форм. Приведены многочисленные примеры расчетов рассеивающих свойств частиц различной структуры и геометрической формы.

Далее, рассматриваются фазовые зависимости поляризации астероидов, представлена

связь между характеристиками астероидов и параметрами асимметрии отрицательной ветви поляризации. Результаты измерения и аппроксимации фазовых зависимостей различных астероидов приводятся в **Приложении**. В **четвертой главе** диссертант демонстрирует, применение разработанного им метода компьютерного моделирования к результатам наблюдения комет и астероидов, включая эмиссионные особенности силикатов в ближнем ИК-диапазоне.

Переходя к общей оценке диссертационной работы, следует отметить четкую и последовательную **обоснованность** выносимых на защиту научных положений и выводов. Ее **новизна**, состоит, прежде всего, в разработке методики расчета поляризационных характеристик рассеяния света на конгломератах частиц различной формы и размеров. А также в приложении этих результатов к реальным наблюдательным данным.

Представляется, что часть диссертации, касающаяся как общего обзора проблематики исследования поляризованного излучения объектов Солнечной системы, так и методов ее моделирования может быть в будущем оформлена в виде отдельной монографии. Которая будет интересна не только астрофизикам, но и исследователям из других областей, включая геофизику и физику атмосферы.

Обилие фактического материала, мощный математический аппарат, большое число ссылок на литературу — производит сильное впечатление на читателя диссертации. Тем не менее, есть место некоторым комментариям и замечаниям:

- Грустно, что в главе 1.2 Солнечная система заканчивается Сатурном и не нашлось места для описания поляризационных наблюдений спутников Урана, выполненных, например, на 6-м телескопе САО РАН (Афанасьев и др. 2014).
- Тщательность и четкость изложения математических основ методов расчета контрастируют с потерей важных подробностей связанных с наблюдениями. Так, на стр. 159 сказано, что автор предложил «другую программу изучения астероидов в КрАО». Но непонятно, какие еще были программы и на какой аппаратуре выполнялись наблюдения.
- В главе 3.3 выполняется аппроксимация наблюдательных данных (рис 3.1-3.3) для которых не указана ошибка измерений. Ошибка средних коэффициентов регрессии в формуле (3.4) также не приводится.
- Рис 4.7 Непонятно, по каким признакам для него отбирались кометы, какие именно кометы, из каких работ? При этом на рисунке указано, что наблюдения в фильтре R, а в тексте на стр 4.7 — что речь идет о среднеполосном фильтре с

длинной волны 684 нм.

- В главе 4.5.1, посвященной уникальной комете Икея-Секи — также отсутствуют ошибки измерений на рис 4.28-4.30.
- В главе 4.6 непонятно, как зависимости, построенные в наблюдениях для фазовых углов менее 60 градусов, на рис 4.32 проведены до 100 градусов, но только в фильтрах R и V. Такая экстраполяция представляется слишком смелой. В конце этой же главы говорится о том, что расчетные кривые для трех фильтров не совпадают. Здесь разумно было бы обсудить, насколько этот эффект может быть связан с рассеянием на молекулах, наблюдаемых в эмиссии. И не следует ли выполнять сравнение моделей с наблюдениями в более узких фильтрах, без вклада от эмиссионных линий?

Из мелких замечаний технического характера отметим следующие:

- В формуле (1.18) не указано, что такое r (характерный радиус объекта?). Далее, в главе 1.1.2 это уже R (большое).
- В описании формул (1.24) и (1.25) не указано, что такое m .
- Редко, но встречается жаргон, как на стр. 159: «астероиды мерялись чаще», «на астероид приходилось 10 точек...»
- На стр. 165 стоит ссылка на рис 3.2, когда на самом деле это серия рисунков 3.4-3.7
- Подписи к рисункам выполнены тем же шрифтом, что и основной текст, интервалы часто малы. Так что подписи сливаются с текстом диссертации.

Перечисленные выше замечания являются, скорее, пожеланиями к будущим исследованиям в этом направлении, нежели недостатками работы. Все выносимые на защиту положения опубликованы в 38 работах в профессиональных изданиях, из которых 35 рекомендованы ВАК РФ и входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Апробация результатов проходила на ряде всероссийских и международных конференциях.

Результаты диссертационной работы представляют интерес как для специалистов в области астрономии и астрофизики Солнечной системы, так и астрохимии областей звездообразования Млечного Пути и других галактик, а также запыленных окрестностей

активных галактических ядер. Эти результаты могут быть использованы в исследованиях проводящихся в ИНСАН, ГАИШ МГУ, САО РАН, УрФУ, ГЕОХИ РАН, КрАО РАН и других организациях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация «Метод матриц формы и его применение для интерпретации поляриметрических наблюдений безатмосферных тел солнечной системы и атмосфер комет» отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 1.3.1 — физика космоса, астрономия. А ее автор — Петров Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Отзыв составлен заведующим лабораторией спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов ФГБУН Специальной астрофизической обсерватории РАН, профессором РАН, доктором физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия Алексеем Валерьевичем Моисеевым,

7 октября 2026 г.



(Моисеев А.В.)

Подпись А.В. Моисеева заверяю:



Рабочий почтовый адрес: САО РАН, г. Нижний Архыз, Зеленчукский район, Карачаево-Черкесская республика, Россия, 369167

Телефон: +7 878321 93396

Эл. почта: moiseev@saor.ru