

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию **Лугинина Михаила Сергеевича**  
**«Свойства и распределение аэрозоля надоблачной дымки Венеры по результатам  
солнечного просвечивания»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия

Диссертация М.С. Лугинина посвящена исследованию аэрозоля в надоблачной дымке Венеры. Получена новая информация об оптических и микрофизических свойствах аэрозоля верхней атмосферы Венеры, которая является очень слабо изученной вследствие огромной стоимости эксперимента. Тема диссертации соответствует шифру научной специальности 01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия как области науки, относящейся к исследованию физических процессов, происходящих на космических объектах и в космических средах.

Актуальность данного исследования определяется потребностью в экспериментальных данных об аэрозольных частицах в атмосферах планет, изучении их роли в рассеянии и поглощении солнечной энергии, а также протекающих физико-химических процессах. Представленные в работе результаты имеют фундаментальное значение и, несомненно, будут полезны для дальнейшего изучения и построения моделей оптических свойств, динамики и энергетики планетных атмосфер.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов обеспечена корректностью постановки задач и их строгой физической обоснованностью, использованием современных методов и средств измерений, хорошо отработанных методов математического и статистического моделирования, согласованием с существующими расчетными и экспериментальными результатами.

Материал диссертационной работы достаточно полно изложен в публикациях (4 статьи в журналах из списка ВАК, доклады на 12 российских и международных конференциях)

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, четырёх приложений и списка литературы. Работа содержит 133 страницы, 45 рисунков, 7 таблиц и списка литературы из 156 наименований.

Во введении обосновывается актуальность, значимость и новизна проводимого исследования, сформулированы цели и задачи работы.

В первой главе приведен обзор литературных данных и выполнен детальный анализ современного состояния исследований состава и структуры облаков и надоблачного

аэрозоля в атмосфере Венеры. Обзор достаточно полный и показывает хорошее знание автором исследований по изучаемой тематике.

В главе 2 описан используемый в работе метод солнечного просвечивания, охарактеризованы его достоинства и недостатки. Приведены технические и точностные характеристики прибора «СПИКАВ-ИК», описана методика измерений и восстановления вертикальных профилей коэффициента ослабления методом «очистки луковицы». Проанализирована точность определения спектров с учетом влияния атмосферной рефракции. Показана методика отбраковки данных и оценка погрешностей полученных спектров. По данным измерений получены вертикальные профили коэффициента ослабления, выявлены их характерные особенности в зависимости от широты места наблюдения.

Глава 3 посвящена описанию методик и результатов определения коэффициента ослабления и показателя преломления аэрозольных частиц, а также вертикального профиля их концентрации и функции распределения по размерам. В этой главе автором восстановлены эффективный радиус, эффективная вариация и счетная концентрация частиц в случае одномодового и двухмодового распределения, показано изменение эффективного радиуса и концентрации с высотой.

В главе 4 представлены методика и результаты оценки шкалы высот аэрозоля с использованием вертикальных профилей коэффициента ослабления и счетной концентрации частиц. Определены средние значения, диапазон изменчивости и широтные вариации шкалы высоты.

В главе 5 приводятся методика и результаты восстановления вертикального профиля коэффициента турбулентной диффузии. На основании проведенных расчетов сделана оценка вертикальной скорости ветра. Предложено объяснение широтной зависимости шкалы высоты аэрозоля.

Шестая глава посвящена изучению аэрозольных слоев в надоблачной дымке Венеры. Показаны критерии идентификации слоев, определены их оптические и микрофизические свойства. Рассмотрены возможные механизмы образования аэрозольных слоев. Выявлено, что основным таким механизмом можно считать конденсацию паров воды на аэрозольных частицах.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты работы.

К числу наиболее значимых результатов, полученных М.С. Лугининым, следует отнести построение вертикальных профилей коэффициента ослабления, оптической толщины, концентрации и параметров распределения аэрозоля по размерам в случаях однородной

дымки и появления аэрозольных слоев, оценки шкалы высоты аэрозоля и его коэффициента турбулентной диффузии.

По тексту диссертации возникают вопросы и замечания.

1. Список решенных задач сводится к реализации соответствующих методов. Основная задача исследования «обработка и анализ экспериментальных данных» в этом списке отсутствует.
2. Достоверность полученных результатов не может подтверждаться фактом их опубликования, как указано в работе. Она может быть подтверждена корректностью постановки задачи, анализом погрешностей измерений и точности восстановления искомых характеристик. Все это в работе присутствует, но не удостоивается должного внимания.
3. Выводы отдельных разделов работы противоречат друг другу. Например, при обсуждении формирования функции распределения аэрозольных частиц по размерам (глава 3) делается вывод о поднятии аэрозоля в надоблачную дымку турбулентной диффузией и ветром. В главе 5 при оценке коэффициента турбулентной диффузии также приводятся данные ненулевой скорости вертикального ветра. С другой стороны, в главе 6 при обсуждении формирования аэрозольных слоев утверждается, что механизм инъекции частиц из нижележащих областей не реализуется.
4. В главе 5, § 5.1, следует обосновать применимость гипотезы о монодисперсном распределении частиц при расчете скорости коагуляции. После первого же слипания двух частиц распределение перестает быть монодисперсным.
5. Вывод к гл 5: *«Разработан метод оценки высотного профиля коэффициента турбулентной диффузии»*. Является ли метод оригинальным, существуют ли альтернативные методы, и если да, то какие преимущества дает разработанный диссертантом метод по сравнению уже существующими?
6. Нельзя не отметить некоторую небрежность при оформлении работы. Нет единой системы используемых обозначений и единиц измерения. Например, в главе 2  $r$  – это расстояние от центра планеты, а в следующих главах этой же буквой обозначен радиус частиц. Причем используется то строчная буква  $r$ , то заглавная  $R$ . То же относится к концентрации газов и аэрозоля, которая обозначена то строчной  $n$ , то заглавной  $N$ . Также встречается  $n$  – показатель преломления. В гл. 2  $K$  – кривизна луча, а в гл. 5 – коэффициент турбулентной диффузии. Длина волны приводится то в нм, то в мкм, а спектральное разрешение – в  $\text{см}^{-1}$ . Присутствуют и терминологические неточности: «нуклеация» вместо «конденсация», «столб атмосферы» вместо «атмосферный слой», и

т.д. Также имеет место большое количество опечаток и несогласования падежей, что затрудняет чтение работы.

Приведенные замечания не затрагивают существа полученных результатов и не снижают научной ценности представленной диссертации. М.С. Лугинин показал квалифицированное владение математическими и статистическими методами обработки и анализа данных, хорошее знание литературы по изучаемой проблеме. Научная квалификация диссертанта не вызывает сомнений. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертация М.С. Лугинина «Свойства и распределение аэрозоля надоблачной дымки Венеры по результатам солнечного просвечивания» представляет собой законченную квалификационную работу, которая по критериям актуальности, новизны, научной значимости, обоснованности и достоверности выводов соответствует пп. 9-11 Положения ВАК о присуждении научных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Михаил Сергеевич Лугинин, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент,

Старший научный сотрудник

Лаборатории оптики аэрозоля

Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

кандидат физ.-мат. наук по специальностям

01.04.05 – оптика, 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Терпугова Светлана Александровна

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (ИОА СО РАН). Адрес: 634055, г. Томск, пл. Ак. Зуева, 1  
тел. (3822) 49-29-33, e-mail: swet@iao.ru

Подпись С.А. Терпуговой заверяю

Ученый секретарь ИОА СО РАН,

кандидат физ.-мат. наук

12.04.2021



О.В. Тихомирова