

«УТВЕРЖДАЮ»:

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор А.А. Федянин



_____ 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1) на диссертационную работу ЛУГИНИНА Михаила Сергеевича на тему "Свойства и распределение аэрозоля надоблачной дымки Венеры по результатам солнечного просвечивания" на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия»

1. Актуальность избранной темы.

Автором кандидатском диссертации поставлена цель всестороннего исследования параметров аэрозоля надоблачной дымки Венеры методом солнечного просвечивания, полученных космическим аппаратом «Венера Экспресс» (ЕКА), запущенного с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Союз-ФГ» и разгонного блока «Фрегат».

Исследование параметров аэрозолей в надоблачном слое атмосферы Венеры проводится путем лимбовых измерений с борта космического аппарата – искусственного спутника Венеры при разных значениях венерианской широты и долготы. Эти исследования важны для выяснения химического состава венерианских аэрозолей, для понимания роли аэрозолей как источника химических соединений в атмосфере Венеры, а также для исследования эволюции химического состава аэрозолей Венеры как одного из этапов предбиологической эволюции. Данное исследование также важно

для подготовки научной программы будущих космических аппаратов, предназначенных для изучения Венеры, в том числе российского космического аппарата «Венера – Д».

Ранее в опубликованных работах этим методом было исследовано лишь несколько спектров, полученных с борта космического аппарата «Венера Экспресс». Ограниченное число обработанных спектров не позволяло изучать параметры венерианских аэрозолей в зависимости от времени года, широты и долготы. В связи с вышеизложенным актуальность проведенного исследования более чем очевидна.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В ходе выполнения диссертационной работы были полностью обработаны научные данные инструмента «СПИКАВ–ИК», полученные в экспериментах по солнечному просвечиванию лимба атмосферы Венеры за время работы космического аппарата «Венера–Экспресс». Из данных по солнечному просвечиванию были получены и проанализированы профили коэффициента ослабления аэрозоля с 2006 по 2014 год в зависимости от высоты, а также были построены средние высотные профили коэффициента ослабления аэрозоля в зависимости от широты.

Было получено распределение аэрозоля надоблачной дымки аэрозоля атмосферы Венеры на высотах 74–88 км, а также проанализированы широтные, временные и годовые вариации размеров частиц аэрозоля для случаев одномодового и двухмодового распределения в зависимости от широты, времени и года наблюдений.

Проведён систематический анализ оптических и микрофизических свойств стратифицированных слоёв аэрозоля надоблачной дымки Венеры. Предложен механизм образования аэрозольных слоёв, согласующийся с ранее опубликованными результатами других авторов.

3. Значимость для науки полученных автором диссертации результатов.

Проведённые в кандидатской диссертации научные исследования способствуют более глубокому пониманию параметров аэрозоля в атмосфере Венеры. Полученные функции коэффициента ослабления, профили счётной концентрации и распределения частиц аэрозоля по размерам в зависимости от высоты, а также значения шкалы высоты аэрозоля могут быть использованы как входные данные в моделях общей циркуляции атмосферы и при решении уравнения переноса излучения в атмосфере Венеры. Выводы о химическом составе аэрозоля, температуры и давления атмосферы в области формирования верхней дымки могут быть использованы в качестве начальных данных при исследовании выживаемости земных экстремофилов в облачном слое Венеры.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в ГАИШ МГУ, на физическом факультете МГУ, факультете космических исследований МГУ, в ИКИ РАН, ФИАН, САО РАН, КрАО РАН, ИНАСАН, ИФА РАН, МФТИ, НПО им. С.А. Лавочкина, Институте космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера, Полярном геофизическом институте.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.

Рассеяние солнечного света на аэрозоле исследовалось с помощью модели рассеяния Ми, используемой для изучения рассеяния на сферических частицах. Эта модель может быть использована в применении к изучению исследования атмосферы Венеры методом солнечного просвечивания, так как общепринято, что мелкие частицы венерианского аэрозоля первой и второй мод являются сферическими и состоят из концентрированного водного раствора серной кислоты (75–86% по массе H_2SO_4).

Выводы и заключения диссертации являются обоснованными и достоверными, что подтверждается тщательным анализом проведенных наблюдений.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.

Диссертация выглядит как законченное и глубокое научное исследование. Основные ее результаты представлены в 4 статьях в высокорейтинговом журнале *Icarus*, в двух из которых (Luginin et al., *Icarus*, 2016, 2018) диссертант является первым автором. В цикле научных статей, опубликованных с участием диссертанта, проанализирован весь набор данных космического аппарата «Венера Экспресс», полученных в ходе экспериментов по солнечному просвечиванию верхней атмосферы Венеры. Результаты исследований высоко оценены научным сообществом и процитированы в системе NASA ADS ABS 52 раза в реферируемых научных изданиях, в том числе статья Luginin et al. (*Icarus*, 2016) процитирована 25 раз.

В диссертации при анализе предшествующих публикаций отмечено, что часть авторов предполагает существование третьей моды крупных частиц радиусов 3-5 мкм и более в нижнем и среднем ярусах облаков, на долю которых может приходиться до ~80% всей массы облаков. Частицы третьей моды могут быть твердофазными и несферическими. Сделан важный вывод, что изучение рассеяние света на крупных несферических частицах следует проводить в рамках моделей, учитывающих не только несферичность частиц, но и их разные распределения по размерам. Это должно облегчить калибровку и совместное использование результатов измерений с помощью разных приборов.

Кратко рассмотрена природа поглощения ультрафиолетового излучения облачным слоем Венеры. На роль УФ-поглотителя были

предложены S_3 , S_4 , $FeCl_3$. Показано, что выяснение природы УФ-поглотителя требует дальнейших исследований с борта космических аппаратов.

Объем диссертации составляет 135 страниц. Текст диссертации написан четко и содержательно. Заметных грамматических и орфографических ошибок нет. Рисунки в диссертации высокого качества и хорошо иллюстрируют основные положения работы. Отметим только небольшие погрешности. Например, на странице 5 написано «Они продемонстрировали наличие субмикронных частиц на высотах, где расположена надоблачная дымка». В предложении отсутствует стилистическое согласование. Имеются и некоторые другие стилистические «шероховатости». Также в списке использованной литературы в названиях цитируемых статей (стр. 123 - 135, ссылки 4, 5, 7, 8, 32, 34, 55, 58, 71, 79, 92, 121, 129, 130, 147) написано “SO 2, SO2, H2O, H 2 O, H2SO4, H 2 SO 4, CO2”. В данном случае должно быть: “SO₂, H₂O, H₂SO₄, CO₂”. Статья Берто и др. (2007) указана в списке литературы дважды, под номерами 7 и 8.

Последняя фраза раздела «Личный вклад автора» (стр. 8) «Выводы, полученные в работах [Fedorova et al., 2016; Belyaev et al., 2018], в диссертационной работе не используются и на защиту не выносятся» не совсем корректна, так как эти статьи приведены в списке публикаций по теме диссертации (стр. 7-8).

Отмеченные мелкие недочеты не умаляют общей научной значимости представленной диссертации.

6. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Автором кандидатской диссертации опубликовано 4 статьи в высокорейтинговом журнале Икарус. Диссертант является первым автором в двух из этих них, результаты которых и выносятся на защиту. Количество статей диссертанта в реферируемых журналах удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Результаты данного научного исследования также докладывались на ряде международных планетологических и геофизических конференциях в России и странах Европы, а также на научных семинарах в ИКИ РАН и в Полярном геофизическом институте.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат содержит краткое изложение результатов диссертации. Все основные выводы и результаты диссертации представлены в автореферате. В автореферате также содержится исчерпывающее изложение актуальности проведенного научного исследования и степени его новизны. Таким образом, автореферат полностью отражает содержание и структуру диссертации.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Кандидатская диссертация Лугинина Михаила Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи исследования параметров аэрозоля надоблачной дымки Венеры, имеющей существенное значение для развития модели атмосферы Венеры. Диссертация соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия».

Отзыв принят на заседании Координационного Совета по астрофизике Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова. На заседании присутствовало 23 члена Совета из 30. Результаты голосования: «за» – 23; «против» – 0; «воздержалось» – 0. Протокол №6 от «07» апреля 2021 г.

Отзыв составили:

ведущий научный сотрудник

Отдела исследования Луны и планет ГАИШ МГУ
(119234, Москва, Университетский проспект. д. 13)

доктор физико-математических наук

В.В. Бусарев

старший научный сотрудник

Отдела исследования Луны и планет ГАИШ МГУ
(119234, Москва, Университетский проспект. д. 13)

кандидат физико-математических наук

А.А. Бережной

Председатель Координационного совета
по астрофизике ГАИШ МГУ

доктор физико-математических наук

А.С. Гусев

Директор ГАИШ МГУ

доктор физико-математических наук, профессор

К.А. Постнов