

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Резниченко Юлии Сергеевны "Плазменно-пылевая система в ионосфере Марса", представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.1 – физика космоса, астрономия

Диссертация Резниченко Ю.С. посвящена теоретическому исследованию процессов, протекающих в марсианской атмосфере. Основное внимание уделено изучению пылевой плазмы в атмосфере Марса и, в частности, формированию и устойчивости слоистых облаков. Рассмотрены также пыле-акустические возмущения, а также проведено сравнение с имеющимися экспериментальными данными.

Исследование ближнего и дальнего космоса является одним из ключевых научных направлений в Российской Федерации как космической державы. Таким образом, актуальность научной работы Резниченко Ю.С. не вызывает сомнений

Научная новизна работы определяется следующими результатами: впервые представлено комплексное исследование пылевой плазмы ионосферы Марса на высотах около 100 км, которое включает в себя описание процессов седиментации и зарядки пылевых частиц, их роста в пересыщенных парах атмосферных газов и динамики электрон-ионной подсистемы ионосферы; впервые описан возможный механизм образования пылевых облаков мезосферы Марса, рассчитаны размеры и величины зарядов пылевых частиц облака, а также исследовано влияние пылевой компоненты плазмы на значения равновесных электрон-ионных концентраций; впервые показано, что в условиях ионосфер Марса и Земли принципиально невозможно стабильное существование пылевых облаков крупных частиц, поскольку нижняя граница плазменно-пылевого облака нестабильна в смысле развития на ней неустойчивости Рэлея-Тейлора; исследованы

линейные, нелинейные и уединенные пыле-акустические волны в ионосфере Марса. Рассчитаны характерные значения параметров пыле-акустических возмущений, показана важность учёта адиабатического захвата электронов (ионов) плазмы стенками возмущения. Научная новизна работы подтверждается публикациями автора в ведущих российских научных журналах

Диссертация включает следующие разделы: введение, четыре главы и заключение. Общий объем работы составляет 117 страниц, включая 7 таблиц и 41 рисунок. Список литературы содержит 118 источников. Результаты работы опубликованы в 9 статьях, и апробированы на 18 российских и международных конференциях.

Работа имеет следующую структуру:

Введение представляет собой краткий литературный обзор по теме диссертации, а также содержит обоснование ее актуальности, научной новизны, фундаментальной и прикладной значимости. Кроме того, во введении сформулированы цели, задачи диссертационного исследования, представлены защищаемые положения.

Первая глава посвящена описанию результатов экспериментов, проведенных в атмосфере Марса. В частности, экспериментов по исследованию химического состава и температурного режима нейтральной атмосферы, вертикального распределения аэрозолей, высотных профилей электронов и ионов плазмы, а также световых условий в дневной ионосфере. Отдельное внимание уделяется случаям регистрации в атмосфере Марса пылевых облаков. Обосновывается возможность комплексного изучения атмосферы Марса с применением методов физики пылевой плазмы.

Во **Второй главе** представлена самосогласованная теоретическая модель, описывающая динамику запылённой плазмы ионосферы Марса на высотах ~ 100 км. А именно, анализируются условия марсианской ионосферы, важные для физики рассматриваемых процессов. Показано, что на указанных высотах оказывается возможным формирование пылевой

фракции, состоящей из частиц конденсата углекислого газа. Также рассмотрен процесс взаимодействия пылевых частиц с атмосферой, отмечен ряд особенностей, характерных для марсианской атмосферы. Представлена кинетическая теоретическая модель, описывающая распределения пылевых частиц в атмосфере Марса. Представлены результаты анализа указанной модели, а также проведено сравнение с земной атмосферой.

Третья глава посвящена изучению процессов дестабилизации нижней границы плазменно-пылевого облака. В частности, рассмотрено развитие неустойчивости Рэлея-Тейлора в двухкомпонентной системе газа и пыли следующей конфигурации: верхнее полупространство заполнено газопылевой смесью, а нижнее – чистым газом. Выполнено исследование влияния неустойчивости Рэлея-Тейлора на процессы формирования пылевых облаков в марсианской атмосфере, проведено сравнение с результатами, полученные для земных условий.

В **четвёртой главе** исследуется возможность возбуждения пыле-акустических волн в пылевой плазме ионосферы Марса (на высотах ~ 100 км). Представлены модели как для линейных, так и для нелинейных волн, в том числе – для солитонов. Для линейного случая рассмотрены дисперсионные зависимости и инкременты пыле-акустической неустойчивости. Для анализа нелинейного режима использован метод псевдопотенциала Сагдеева. Рассмотрены варианты положительного и отрицательного заряда пылевых частиц, участвующих в волновом процессе.

В **Заключение** автор подводит итоги диссертационной работы, а также кратко излагает возможные продолжения представленных исследований.

Научная значимость работы заключается в развитии методов анализа и моделирования процессов в атмосферах планет.

Прикладная значимость работы определяется развитием методов плазменной диагностики. Кроме того, результаты работы могут быть использованы для интерпретации экспериментальных данных и при планировании будущих межпланетных миссий.

Личный вклад Резниченко Ю.С. не вызывает сомнений. Автореферат и опубликованные работы полностью раскрывают содержание диссертации.

Результаты работы могут быть использованы в ряде научных организаций: Объединенный институт высоких температур РАН, Московский физико-технический институт, Институт общей физики им. А.М. Прохорова, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Государственный научный центр Российской Федерации "ТРИНИТИ" и др.

К материалам диссертационной работы имеется ряд замечаний:

1. В шестом положении на защиту указано цитата: "...что определяющее воздействие на свойства пылевых звуковых солитонов и нелинейных периодических волн оказывает адиабатический захват электронов (ионов) плазмы стенками возмущения...". Было бы полезно сравнить представленные результаты расчетов с результатами простых моделей (с больцмановским распределением электронов/ионов). Соответствующие графики полезно было бы поместить на рисунки 4.1-4.3. Это действие усилило бы шестое положение на защиту.
2. На рисунках 4.1-4.3, 4.7-4.9 было бы полезно указать числа Маха для солитонов и нелинейных волн.
3. Часть рисунков имеют подписи на английском языке (рис. 1.10 и др.), часть на русском.
4. Перед системой уравнений (2.3)-(2.8) полезно указать ссылку на источник (как, например, сделано перед системой (3.1) – (3.5)).
5. Также имеет ряд незначительных помарок.

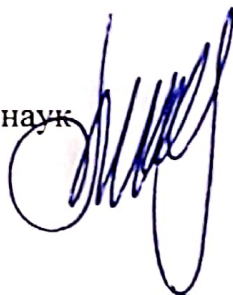
Все замечания не портят общего положительного впечатления о диссертационной работе. Считаю, что диссертация Резниченко Юлии Сергеевны представляет собой законченную научную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке

присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 07.06.2021 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

Старший научный сотрудник лаборатории
№17.3. (активных кулоновских систем)
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
"Объединенный институт высоких
температур" Российской академии наук
(ОИВТ РАН)

Доктор физико-математических наук



Трухачёв Фёдор Михайлович

Адрес: 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Объединенный институт высоких температур" Российской академии наук

<https://jiht.ru/>

E-mail.ru: ftu@mail.ru

Тел: +79775177893

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 1.3.9 - физика плазмы.

Подпись сотрудника ОИВТ РАН

Трухачёва Ф.М. удостоверяю:

Ученый секретарь ОИВТ РАН



Киверин А.Д.
02.12.2025