

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.481.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК**

аттестационное дело N \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22 сентября 2023 г. N 3

О присуждении Лукину Александру Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Кинетика ночной магнитопаузы магнитосферы Земли» по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия» принята к защите 30 июня 2023 г. (протокол заседания N 1) диссертационным советом 24.1.481.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук 117997, гсп-7, Москва, Профсоюзная ул., 84/32, приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №83/нк от 26 января 2023г.

Соискатель Лукин Александр Сергеевич, «18» апреля 1995 года рождения.

В 2019 году соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» по специальности 03.04.02 Физика.

С 01.11.2019 по 31.10.2023 Лукин Александр Сергеевич является аспирантом очной аспирантуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность (образовательная программа) «Физика и астрономия», и работает младшим научным сотрудником в Институте космических исследований Российской академии наук. Диссертация выполнена на базовой кафедре физики космоса Института космических



исследований Российской академии наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» и в отделе физики космической плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук.

**Научный руководитель** – Петрукович Анатолий Алексеевич, доктор физико-математических наук, чл.-корр. Российской академии наук, директор Института космических исследований Российской академии наук, заведующий базовой кафедрой физики космоса Института космических исследований Российской академии наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

**Официальные оппоненты:**

Демехов Андрей Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Полярный геофизический институт» (ПГИ) и

Апатенков Сергей Вячеславович, кандидат физико-математических наук, доцент Физического факультета кафедры Физики Земли Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН), Москва, в своем положительном отзыве, составленном заведующим лабораторией «Физика околоземного пространства», доктором физико-математических наук, профессором Пилипенко Вячеславом Анатольевичем, утверждённом директором ИФЗ РАН доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Тихоцким Сергеем Андреевичем, указала, что в диссертационной работе Лукина А.С. получены новые научные результаты, являющиеся оригинальными, а сама работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к



кандидатским диссертациям, и её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Соискатель имеет **12** опубликованных работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях **12** работ, по теме диссертации опубликовано **4** работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано **4** работ.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Lukin A., Vasko I., Artemyev A., Yushkov E., Two-dimensional self-similar plasma equilibria. *Physics of Plasmas*, 2018, 25(1), 012906. <https://doi.org/10.1063/1.5016178>
2. Lukin A. S., Artemyev A. V., Petrukovich A. A., Angelopoulos V., Runov A., Wang, C. P., & Yushkov E. V., Spatial scales and plasma properties of the distant magnetopause: Evidence for selective ion and electron transport. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2019, 124(7), 5027-5041. <https://doi.org/10.1029/2019JA026638>
3. Lukin A. S., Panov E. V., Artemyev A. V., Petrukovich A. A., Haaland S., Nakamura R., ... & Strangeway R. J., Comparison of the Flank Magnetopause at Near-Earth and Lunar Distances: MMS and ARTEMIS Observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2020, 125(11), e2020JA028406. <https://doi.org/10.1029/2020JA028406>
4. Lukin A. S., Artemyev A. V., Vainchtein D. L., & Petrukovich A. A., Regimes of ion dynamics in current sheets: The machine learning approach. *Physical Review E*, 2022, 106(6), 065205. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.106.065205>

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетом в научном сообществе, компетентностью в области физики космоса и физики космической плазмы, которые подтверждаются публикациями в международных и российских журналах.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**



показано, что фланговая ночная магнитопауза и низкоширотный пограничный слой представляют собой многомасштабную структуру, состоящую из переходных слоев плотности, температуры и кинетической энергии плазмы. Толщины слоёв различных плазменных характеристик не совпадают, но их характерный масштаб определяется масштабом гирорадиуса протонов плазменного слоя и составляет порядка 3000 км. Обнаружено сохранение суммы тепловой и потоковой энергии ионов и сохранение отношения ионной и электронной температур поперек ночной магнитопаузы.

Показано, что токовый слой ночной магнитопаузы на разных радиальных расстояниях представляет собой самоподобную кинетическую структуру: толщина токового слоя, измеренная в масштабах тепловых гирорадиусов протонов магнитосферы, и конфигурация магнитного поля остаются неизменными в диапазоне радиальных расстояний от 10 до 60 радиусов Земли.

Показано, что для широкого диапазона конфигураций магнитного поля не существует достаточного для построения стационарной кинетической модели токового слоя количества инвариантов движения протонов. Таким образом, токовый слой ночной магнитопаузы в присутствии нормальной к поверхности магнитопаузы компоненты магнитного поля описывается динамическим равновесием и не может быть описан стационарной кинетической моделью.

#### **Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

Изложенные в работе экспериментальные результаты, полученные по наблюдениям миссии ARTEMIS, позволяют сделать вывод о возможной роли низкочастотных флуктуаций магнитного поля в динамике частиц вблизи магнитопаузы и термализации ионной популяции магнитослоя, т. е. экспериментально подтверждена необходимость учета низкочастотных электромагнитных колебаний при моделировании транспорта заряженных частиц поперек токового слоя магнитопаузы.

Анализ сопряженных наблюдений магнитопаузы Земли миссиями ARTEMIS и MMS впервые показал самоподобие токовых слоев на разных радиальных расстояниях. Как следствие, магнитопауза как в ближнем, так и в



дальнем хвосте может быть описана одним и тем же классом моделей токовых слоёв. Полученные результаты также указывают на то, что для аккуратного описания динамики частиц вблизи магнитопаузы необходимо использовать кинетические или гибридные модели.

Анализ траекторий движения ионов в токовом слое ночной магнитопаузы, проведенный с использованием методов машинного обучения, показал, что в присутствии нормальной к поверхности магнитопаузы компоненты магнитного поля ее токовый слой необходимо описывать динамическим равновесием. Данный результат имеет значение не только в контексте токового слоя магнитопаузы Земли, но актуален и для кинетических токовых слоев солнечного ветра, магнитослоя и хвостовых областей магнитосфер Марса и Юпитера.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается строгим обоснованием приведённых выводов. Все результаты работы и защищаемые положения подробно изложены в публикациях диссертанта в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых научными базами Scopus, Web of Science, РИНЦ. Также изложенные в диссертации результаты докладывались на 11 международных и российских конференциях, сделаны 2 доклада на научных семинарах организаций, занимающихся данной тематикой исследования.

#### **Личный вклад соискателя:**

научно-исследовательская работа, результаты которой легли в основу диссертации, была выполнена автором самостоятельно или при его непосредственном участии. Все результаты, выносимые на защиту, были получены лично автором диссертации. Физические постановки задач, рассмотренных в диссертационной работе, принадлежат научному руководителю, а исследования и результаты – соискателю. Соискателем осуществлялись: сбор и обработка спутниковых данных, проведение расчетов, математическая постановка задач, написание и тестирование программ для обработки данных и численных расчетов, обучение нейронных сетей, анализ полученных результатов, подготовка

и написание текстов публикаций, взаимодействие с рецензентами и редакторами в процессе публикации статей.

На заседании 22 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Лукину Александру Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.3.1 - Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 21, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Зам. председателя диссертационного

совета 24.1.481.01

Чл.-корр. РАН

Ученый секретарь

к.ф.-м.н.



О.И. Корablёв

А.Ю. Ткаченко

Дата оформления заключения 22 сентября 2023г.