

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.113.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 июня 2022 г., протокол № 12 о присуждении Мингалеву Олегу Викторовичу ученой степени доктора физико-математических наук. Диссертация «Описание крупномасштабных процессов в бесстолкновительной космической плазме и численное моделирование тонких токовых слоев» по специальности 01.03.03 – Физика Солнца принята к защите 28 марта 2022 года (протокол № 5) диссертационным советом Д 002.113.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32, приказ Министерства образования и науки № 156/нк от 01.04.2013 г. о создании совета.

Соискатель Мингалев Олег Викторович 1969 г. рождения работает в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Полярный геофизический институт» (ФГБНУ ПГИ) с 1996 г. по настоящее время. В 1992 году соискатель окончил Факультет аэрофизики и космических исследований Московского физико-технического института (МФТИ) по специальности «прикладная математика и физика» и поступил в аспирантуру этого института. В 1995 году соискатель окончил аспирантуру и защитил кандидатскую диссертацию "Неприводимые представления общих соотношений коммутации. Законы сохранения и асимптотика спектра квантовых гамильтонианов" по специальности 01.01.03 – математическая физика в диссертационном совете Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Диссертация выполнена в секторе «Теоретическое моделирование» Полярного геофизического института.

Официальные оппоненты:

Кочаровский Владимир Владиленович, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., заведующий отделом астрофизики и физики космической плазмы Института прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород);

Пилипенко Вячеслав Анатольевич, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией физики околоземного пространства Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва);

Семенов Владимир Семенович, профессор, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой физики Земли Научно-исследовательского института физики им. В.А. Фока Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образование «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (МГУ) в своем положительном заключении (заключение составлено Калегаевым В.В., доктором физико-математических наук, заведующим отделом космических наук Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ), утвержденном проректором МГУ Федяниным А.А., указала, что диссертационная работа «Описание крупномасштабных процессов в бесстолкновительной космической плазме и численное моделирование тонких токовых слоев» представляет собой законченное фундаментальное научное исследование по актуальной по тематике и может быть квалифицирована как новое научное достижение, а также удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, которые установлены в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 года № 335, а ее автор, Мингалев Олег Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.03 — Физика Солнца. Автореферат отражает содержание диссертации. Результаты диссертации обсуждались на заседании семинара НИИЯФ МГУ «Астрофизика космических лучей и физика космоса» им. М.И. Панасюка 18 мая 2022 года. Результаты диссертации представляют интерес для физики солнечного ветра, магнитосферы и ионосферы

Земли, а также магнитосфер планет, и могут быть использованы в научных исследованиях, которые выполняются в МГУ, СПбГУ, ИКИ РАН, ИЗМИРАН, ИПФ РАН, ПГИ. Результаты диссертации опубликованы в научных журналах из списка ВАК.

Соискатель имеет 59 опубликованных работ в рецензируемых научных журналах. Основные результаты диссертации опубликованы в 24 научных работах в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК.

Все выносимые на защиту результаты были получены автором или лично, или при его непосредственном и руководящем участии. Вклад автора во все рассмотренные в диссертации результаты является основным.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. *Мингалева О.В., Мингалева И.В., Мельник М.Н., Артемьев А.В., Малова Х.В., Попов В.Ю., Шен Чао, Зелёный Л.М.* Кинетические модели токовых слоев с широким магнитного поля // *Физика плазмы*. 2012. Т. 38, № 4, С. 329–344. (In Engl.: *Mingalev et al.*, *Plas. Phys. Rep.* 2012, V. 38, № 4, pp. 300–314).
2. *Malova H.V., Popov V.Yu., Mingalev O.V., Mingalev I.V., Mel'nik M.N., Artemyev A.V., Petrukovich A.A., Delcourt D.C., Shen C., Zelenyi L.M.* Thin current sheets in the presence of a guiding magnetic field in the Earth's magnetosphere // *J. Geophys. Res.* 2012. VOL. 117, A04212, doi:10.1029/2011JA017359.
3. *Malova H.V., Mingalev O.V., Grigorenko E.E., Mingalev I.V., Melnik M.N., Popov V.Yu., Delcourt D.C., Petrukovich A.A., Shen C., Rong D., Zelenyi L.M.* Formation of self-organized shear structures in thin current sheets // *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 2015. VOL. 120, DOI: 10.1002/2014JA020974.
4. *Мингалева О.В., Мингалева И.В., Малова Х.В., Мерзлый А.М., Зелёный Л.М.* Система кинетических уравнений для бесстолкновительной космической плазмы в приближении силового равновесия электронов вдоль магнитного поля // *Физика плазмы*. 2018. Т. 44, № 11, С. 889–904. (In Engl.: *Mingalev et al.*, *Plas. Phys. Rep.* 2018, V. 44, № 11, pp. 889–904).
5. *Мингалева О.В., Малова Х.В., Мингалева И.В., Мельник М.Н., Сецко П.В., Зелёный Л.М.* Модель тонкого токового слоя в хвосте магнитосферы Земли с кинетическим описанием замагниченных электронов // *Физика плазмы*. 2018. Т.

44, № 10, С. 769-790. (In Engl.: *Mingalev et al.*, Plas. Phys. Rep. 2018, V. 44, № 10, pp. 769–790).

6. *Мингалеv О.В., Мингалеv И.В., Малова Х.В., Мерзлый А.М., Мингалеv В.С., Хабарова О.В.*, Описание крупномасштабных процессов в околоземной космической плазме // Физика плазмы. 2020. Т. 46, № 4, С. 329-350. (In Engl.: *Mingalev et al.*, Plas. Phys. Rep. 2020, V. 46, № 4, pp. 374–395).
7. *Мингалеv О.В., Сецко П.В., Мельник М.Н., Мингалеv И.В., Малова Х.В., Артемьев А.В., Мерзлый А.М., Зеленый Л.М.* Роль ионов кислорода в структуре токового слоя ближнего хвоста магнитосферы Земли // Физика плазмы. 2022. Т. 48, № 3, С. 237–258. (In Engl.: *Mingalev et al.*, Plas. Phys. Rep. 2022, V. 48, № 3, pp. 242–262).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации определялся их научным авторитетом и компетентностью в физике околоземной космической плазмы, входящей как составная часть в специальность 01.03.03 — Физика Солнца.

Диссертационный совет на основании выполненных соискателем исследований отмечает следующее.

Актуальной научной проблемой является исследование формирования, медленной эволюции и возможного взрывного распада тонких токовых слоев с толщиной порядка нескольких протонных гирорадиусов на краю слоя и с нормальной компонентой магнитного поля. Такие слои в последние десятилетия были обнаружены в ближней части хвоста магнитосферы Земли, на некоторых участках магнитопаузы, а также в гелиосферном плазменном слое и в солнечном ветре. Для интерпретации данных спутниковых измерений необходимо создать численную самосогласованную модель тонкого токового слоя, которая должна достоверно воспроизводить распределение параметров, в том числе и вклад электронов, но при этом должна максимально экономить вычислительные ресурсы.

Важной нерешенной проблемой для построения такой модели является правильный расчет крупномасштабного электрического поля, поскольку воспроизведение в численной модели реальной плотности заряда и соответствующей ей потенциальной части электрического поля требует неприемлемо большого расхода вычислительных ресурсов. Автором разработан новый подход, при котором потенциальная часть электрического поля

определяется из условий квазинейтральности и силового равновесия электронов вдоль линий магнитного поля, а для вихревой части получено уравнение эллиптического типа без частных производные по времени.

С помощью этих методов автором создана новая численная модель стационарного тонкого токового слоя с ненулевой нормальной компонентой магнитного поля в бесстолкновительной плазме, которая, по сравнению с предшествующими моделями, имеет более широкую область применимости, и позволяет изучать общий случай с двумя самосогласованными компонентами магнитного поля, а также с несимметричными граничными условиями.

Для численного решения стационарных уравнений Власова для ионных компонент автор разработал новый метод, который позволяет выполнять основной объем вычислений на графических процессорах и рассчитывать функции распределения учитываемых сортов ионов с высоким разрешением в пространстве скоростей.

С помощью новой модели получен набор симметричных стационарных конфигураций токового слоя в ближней части хвоста магнитосферы Земли на предварительной фазе суббури и изучена зависимость этих конфигураций от параметров образующих слой встречных продольных потоков протонов и ионов кислорода, а также исследовано влияние анизотропии давления электронов. Результаты моделирования позволили оценить пороговые параметры потоков, достаточных для образования токового слоя, а также показали, что он может быть образован потоками ионов кислорода ионосферного происхождения.

Впервые в численном моделировании получены и исследованы конфигурации тонкого токового слоя при наличии самосогласованной шировой компоненты магнитного поля, в том числе конфигурации с колоколообразным профилем шировой компоненты. Такие конфигурации часто встречаются в солнечном ветре, в хвостах магнитосфер Земли и Юпитера, а также на флангах магнитопаузы в области низкоширотного пограничного слоя.

Представленные в диссертации результаты базируются на использовании общепризнанных моделей кинетической теории бесстолкновительной плазмы. Правильность выбранных теоретических подходов подтверждается тем, что полученные в работе результаты численного моделирования хорошо согласуются с

данными измерений на космических аппаратах. Полученные результаты неоднократно докладывались на всероссийских конференциях и были опубликованы в ведущих зарубежных и российских научных журналах. Их достоверность подтверждена независимым предварительным рецензированием.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация удовлетворяет всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, установленным в Положении о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 года № 335. Диссертационный совет принял решение: за разработку ряда теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, а также за разработку новых методических решений для моделирования, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие физики космической плазмы присудить Мингалеву Олегу Викторовичу ученую степень доктора физико-математических наук.

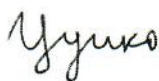
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по научной специальности 01.03.03, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 2, недействительных бюллетеней нет.

Зам. председателя диссертационного
совета Д 002.113.03
д.ф.-м.н.



Д.Р. Шкляр

Учёный секретарь
к.ф.-м.н.



О.Ю. Цупко

Дата оформления заключения 29 июня 2022 г.

Печать

