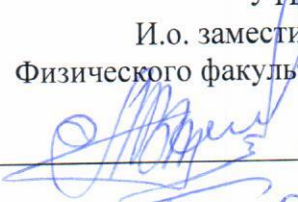


УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. заместителя декана  
Физического факультета СПбГУ

  
/А.В.Титов/  
« 11 » 08 2023 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия на тему «**Кинетическое и МГД моделирование процессов в бесстолкновительной гелиосферной плазме**» выполнена на кафедре физики Земли физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. В период подготовки диссертации соискатель **Дивин Андрей Викторович** работал в должности старшего научного сотрудника кафедры физики Земли физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

**Дивин Андрей Викторович** в 2004 году окончил бакалавриат физического факультета СПбГУ, в 2005 г. окончил магистратуру физического факультета СПбГУ по направлению «Физика», в 2009 году окончил аспирантуру физического факультета СПбГУ. В 2009 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 01.03.03 Физика Солнца.

Диссертационная работа Дивина А.В. направлена на проведение численных исследований кинетических процессов в околоземной и гелиосферной плазме посредством моделирования с использованием суперкомпьютерных вычислительных ресурсов. Диссертация Дивина А.В. является законченной научно-квалификационной работой и выполнена на современном уровне.

Диссертация Дивина А.В. содержит ряд новых для физики космической плазмы результатов, полученных в полностью кинетическом (электроны и ионы описываются как частицы) и МГД приближениях:

1. Модель электронной диффузионной области, в которой учитывается анизотропия электронного давления в области втекания. Установлено, что скорость пересоединения в кинетическом режиме не является константой порядка 0.1, а имеет слабую, но хорошо заметную, зависимость от внешних параметров. Создана аналитическая модель электронной диффузионной области, которая успешно применялась для интерпретации спутниковых данных.
2. Впервые проведено кинетическое численное моделирование магнитного пересоединения в присутствии холодных ионов. Создана модель диффузионной области в многотемпературной плазме, а также опровергнуто существовавшее ранее предположение, что холодные ионы тормозят процесс магнитного пересоединения. Холодные ионы ускоряются посредством электрического поля пересоединения,

ускоряются на сепаратрисах, а также нагреваются волнами.

3. Посредством кинетического моделирования и данных спутника Cluster изучена динамика фронтов магнитного пересоединения, доказан нагрев электронов нижегибридной волновой активностью в окрестностях фронта и изучены механизмы преобразования энергии на фронте.


4. Впервые создана численная модель плазменного окружения слабой кометы с параметрами дегазации, характерными для кометы 67P/Чурюмова-Герасименко на расстоянии 3–4 астрономических единиц от Солнца. Посредством численного моделирования продемонстрирован механизм ускорения сверх-тепловых электронов амбиполярным электрическим полем вследствие качественно различных траекторий электронов и ионов кометного происхождения.

5. Исследована структура минимангнитосферы с параметрами, характерными для структур на поверхности Луны. Впервые построена численная модель лунной магнитной аномалии “Рейнер Гамма” с использованием эмпирического магнитного поля Луны и доказано формирование лунного вихря на поверхности под действием космического выветривания.

6. Трехмерное МГД моделирование использовано для изучения линейной и нелинейной стадии неустойчивости двойного градиента (“флэппинг” неустойчивости) хвоста магнитосферы Земли. Модель расширена на случай наличия ведущего поля и искривленного начального токового слоя хвоста магнитосферы. Доказано, что искривление токового слоя является критическим параметром магнитосферного хвоста, приводящим к срыву суббури.

Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Достоверность полученных результатов обусловлена корректной постановкой экспериментов и тщательным анализом случайных и систематических ошибок. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, опубликованы в высокорейтинговых журналах (Journal of Geophysical Research, Physical Review Letters, Physics of Plasmas, Nature Communications, The Astrophysical Journal Letters) и докладывались на международных конференциях, что говорит об уровне и значимости научной работы соискателя. Всего опубликовано 42 статьи в рецензируемых журналах по теме диссертации за 2013-2023 гг. Диссертация соответствует специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия.

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия **«Кинетическое и МГД моделирование процессов в бесстолкновительной гелиосферной плазме»** Дивина Андрея Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

  
(подпись заведующего кафедрой)

Семенов Владимир Семенович  
(доктор физ.-мат. наук, профессор,

зав. кафедрой физики Земли СПбГУ)

