

**Отзыв официального оппонента на диссертацию И.Ю. Васько
«Математические модели токовых слоёв в магнитосферных хвостах планет»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика**

Название работы отражает основные разделы диссертации и защищаемые положения.

В разделе 1.1 Введения автор квалифицированно и в сжатой форме дает современное понимание причин формирования планетарных магнитосфер и основные свойства магнитосферы Земли. Интересно читается обзор о моделях Тонкого Токового Слоя Земли и стоящих в данной области проблем.

Автор делает подробное введение по магнитосфере Венере. В частности, рассмотрены все доступные данные наблюдений, основные выводы и задачи, связанные с пересоединением в хвосте Венеры и асимметрий хвоста относительно плоскости эклиптики.

В части 1.7 Введения дается квалифицированный обзор одномерных и двумерных кинетических и МГД моделей токовых слоев.

В заключительной части введения автор кратко обозначает содержание диссертации, убедительно обосновывает актуальность изучения токовых слоев и построения точных равновесных решений, а также применения моделей токовых слоев для различных планет Солнечной системы. Невозможно не согласиться с автором, что «магнитосферы планет Солнечной системы предлагают широкий спектр конфигураций токовых слоев». Токовые слои являются настолько универсальным плазменным объектом, что любое продвижение по их математическому описанию или исследованию в конкретных физических случаях представляет значительный шаг.

Цели работы, а также положения, выносимые на защиту, несомненно представляют большой интерес, сформулированы конкретно и физически ясно, демонстрируют знание автором современного состояния физики планетарных магнитосфер, достаточную квалификации в понимании стоящих проблем.

Глава 1.

Получение кинетического решения, описывающего токовый слой со степенной функцией распределения частиц, является научным достижением автора как в плане математического подхода, так и в плане его физической универсальности. Это относится и к осесимметричному, и к плоскому слою. Полученные решения отличаются степенным спаданием параметров вдоль токового слоя. Для каппа функции распределения это спадание происходит наиболее медленно и хорошо соответствует протяженному хвосту планетарных магнитосфер.

Особый интерес представляет решение для каппа распределения с показателем $7/2$. Автор нашел аналитическое представление, которое можно использовать в численных моделях. Для осесимметричного токового слоя аналитическое решение отличается асимптотическим выходом величины поля на константу при больших расстояниях от

нейтральной плоскости. Для плоского токового слоя подобное решение реализуется с показателем $3/2$. Такое свойство удобно для использования в численных моделях.

Хочется отметить, что в проблеме устойчивости ближнего хвоста магнитосферы, история которой насчитывает десятки лет, и которой посвящено большое количество численных исследований, до настоящего времени использовались равновесные конфигурации на основе решений Кана с кубическим спаданием величины нормальной компоненты, или решения типа расширяющегося хвоста с экспоненциальным уменьшением плотности тока. Решение, найденное автором как для Максвелловской так и степенной функции распределения частиц, может оказаться очень актуальным для данной проблемы. Это лишь один пример, где могут использоваться аналитические решения токовых слоев, полученные автором.

Глава 2.

Как правильно отмечает автор, «проблема ускорения заряженных частиц имеет первостепенное значение в физике космической плазмы». Тема второй главы имеет актуальное значение не только для Нептуна. Идея автора состоит в том, что из-за перестройки магнитное поле в области северной доли периодически уменьшается до малых значений. В течение некоторого времени возможно сильное ускорение размагниченных частиц индукционным электрическим полем. Ценность результата состоит в том, что получена оценка на максимально возможную энергию частиц, периодически ускоряемых в ходе суточного вращения Нептуна.

Глава 3.

Данные миссии Cluster показали, что реальный хвост магнитосферы Земли сложнее, чем представлялось ранее, и обнаруживает разнообразные новые явления, эффекты и процессы. Полное и детальное понимание, а также предсказание поведения хвоста магнитосферы является одной из первоочередных задач физики космической плазмы. Тема третьей главы по исследованию частного случая наклонного токового слоя актуальна и имеет практическую значимость как элемент общей картины. В данном разделе автор в полной мере показал свою квалификацию как физика исследователя. В первую очередь это касается понимания процесса спутниковых измерений и техники обработки и анализа данных.

В результате проведенного анализа автор делает физически значимые выводы. В частности, что в большинстве случаев электрический ток переносится электронами. Это дает основание для применения МГД моделей наклонных токовых слоев. В целом, получена достаточно полная картина характеристик наклонных ТС. Новизна результата состоит в интерпретации спутниковых измерений электрического поля и их объяснения моделью электрического поля поляризации.

Глава 4.

В главе 4 рассмотрена задача о распрямлении хвоста Венеры, образованного магнитным полем Солнечного Ветра. Этот вопрос представляет интерес с точки зрения будущих спутниковых миссий, а также как один из механизмов ускорения тяжелых планетарных

ионов. Новизну работы автор аргументирует тем, что в предыдущей модели других исследователей на основе той же идеи релаксации натяжения силовой трубки, использовались не адекватные начальные условия. Учитывая недостаток данных проверка выводов остается открытой.

Глава 5.

В последнем разделе автор рассматривает несколько конкретных случаев пересечения хвоста Венеры, отобранных для спокойного Солнечного Ветра с неизменным направлением ММП. В последней главе автор вновь демонстрирует свою квалификацию в обработке и анализе спутниковых данных. В ряде событий автор выделил двойную или вложенную структуру токового слоя. С учетом наличия в хвосте захваченных ионов кислорода, автор применил двух-компонентную модель кинетического токового слоя, которая не противоречиво качественно и количественно описывает данные наблюдений.

Необходимо отметить определенные недостатки диссертации.

В формуле (1.1) следовало указать, что реальное поле вблизи магнитопаузы примерно в два раза больше чем просто поле диполя.

В разделе 1.4 введения по магнитодиску Юпитера отсутствуют ссылки на работы Алексеева И.И. и соавторов, которые являются известными специалистами в этой области.

Гипотеза о смешанном состоянии хвоста Нептуна автором не обоснована. Вполне вероятно, что при повороте магнитного момента от направления перпендикулярного к потоку СВ к параллельному хвост Земного типа может просто повернуться и сильно сократиться. Это будет своеобразная диполяризация с возможностью адиабатического ускорения частиц. Но при этом ускоряемые частицы не будут испытывать изменение магнитного поля связанного с образованием хвоста полярного типа, а самое главное все время будут оставаться в сильном магнитном поле. Представляется, что автор мог бы построить и такую модель ускорения частиц в магнитосфере Нептуна.

К сожалению, количество рассмотренных и доступных пересечений наклонных токовых слоев (29 событий) несколько не дотягивает до желаемого уровня статистической достоверности. Хочется надеется, что автор в дальнейшем ее дополнит.

В модели распрямления хвоста Венеры автор никак не обсуждает другой механизм релаксации натяжения – через Альфвеновские волны, уходящие через мантию и перераспределяющие натяжение силовых линий вдоль магнитного поля. Хотя скорость Альфвеновских волн примерно на порядок меньшей скорости ветра, длина распрямления по оценке автора более чем на порядок превосходит начальную толщину хвоста. Поэтому в процессе распрямления масштаб кривизны, взятый автором постоянным, может заметно увеличиваться.

В последней главе автор вновь демонстрирует свою квалификацию в обработке и анализе спутниковых данных. В тоже время, достоверные выводы требуют большего числа событий, и примеров более выраженной двух-масштабной структуры, а также плазменных данных.

Работа в целом, хоть и объединена проблематикой токовых слоев, в определенной степени неоднородна. Главы 1 и 3 являются сильными сторонами диссертации, содержат научные значимые актуальные и новые результаты, а также демонстрируют высокую квалификацию автора как математика, так и физика. С другой стороны, в главах 2 и 4 автор строит модели, которые не достаточно обоснованы и слишком упрощены, как в силу выбранного подхода, так и из-за отсутствия достоверных данных. Тем не менее, хотя предложенные решения могут быть пересмотрены или дополнены в дальнейшем, выбор проблем и методы исследования соответствуют квалификационной работе.

Заключение о диссертации:

Представленная диссертация имеет высокий научно-квалификационный уровень, содержит решение ряда задач по теме токовых слоев планетарных магнитосфер, часть которых можно оценить как имеющие важное значение для развития физики космической плазмы, а остальные как адекватные рекомендации по использованию в дальнейших исследованиях.

Работа написана в едином стиле, объединена единой темой токовых слоев, содержит пять научных положений, выдвинутых для публичной защиты. Задачи диссертации актуальны и отличаются новизной. Предложенные автором решения и модели достаточно аргументированы и подробно оценены в свете предыдущих достижений. Личный вклад автора не вызывает сомнений.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в широко известных по данной теме рецензируемых научных изданиях – 5 статьях и апробированы в более чем 10 научных мероприятиях.

Диссертация удовлетворяет п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и требованиям ВАК, может рассматриваться как завершенная научно-квалификационная работа, а соискатель заслуживает присвоения звания кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
кандидат физ.-мат. наук,
старший научный сотрудник
отдела лазерной плазмы
Института Лазерной Физики СО РАН
(пр. Лаврентьева 13/3, Новосибирск,
630090)

Шайхисламов
Ильдар Фаритович

Подпись И.Ф. Шайхисламова заверяю:
Ученый секретарь
Института Лазерной Физики СО РАН,
к.ф.-м.н.



Покасов П.В.