

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

Диссертация посвящена построению и исследованию ряда моделей токовых слоёв и связанных с ними магнитных полей в магнитосферных хвостах планет, важного для развития теоретической физики и физики магнитосферной плазмы. Предложенные автором решения аргументированы, а используемые им подходы сравниваются с известными ранее. Главы диссертации связаны между собой единством тематики и содержат новые актуальные результаты применительно к магнитосферам Земли, Юпитера, Венеры и Нептуна. Эти результаты могут быть использованы, в частности, для интерпретации данных наблюдений самосогласованных токовых структур в указанных магнитосферах. Хотя автор в основном сосредоточился на задачах, продиктованных практическими приложениями, он использовал в своих решениях довольно общие методы теоретической физики плазмы и электродинамики. В тех случаях, когда автор участвовал в интерпретации наблюдений, относящихся к рассмотренных им явлениям, он приводит в диссертации не только результаты, но и довольно подробный анализ таких наблюдений. Последнее обстоятельство придаёт диссертации ещё большую научную значимость.

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключения и списка литературы.

Основу первой главы составляют аналитическое построение и численный анализ двумерных самосогласованных токовых и магнитных структур в осесимметричной и плоской геометрии, в определённом отношении подобных имеющимся в магнитодиске Юпитера и в хвосте магнитосферы Земли. А именно, на основе группового анализа сконструированы и получены новые решения стационарных уравнений Власова-Максвелла для бесстолкновительной плазмы со сдвинутыми максвелловским и k -распределениями заряженных частиц в пространстве импульсов. Эти решения имеют автомодельный характер и в существенной мере дополняют известные ранее решения для двумерно-неоднородных токовых конфигураций, причём могут быть использованы и в задачах физики плазмы, выходящих за рамки магнитосферной проблематики.

Во второй главе исследован вопрос о том, как перестройка магнитного поля токового слоя в хвосте магнитосферы Нептуна в ходе его суточного вращения приводит к ускорению протонов и тяжёлых ионов. Показано, что выводы предложенной простейшей теоретической модели со слоем типа Харриса во многом согласуются с данными наблюдений аппарата Voyager-2.

В третьей главе на основе данных миссии Cluster выясняется структура наклонного токового слоя в хвосте земной магнитосферы и распределение электрического поля в нём, объясняемое преобладанием электронной

компоненты тока и описываемое простой МГД-моделью, которой оказалось достаточно для интерпретации большинства имеющихся измерений.

В четвертой главе выполнен МГД-анализ эволюции силовых трубок в хвосте индуцированной венерианской магнитосферы и дана оценка его длины в пределах широкого и тонкого токовых слоёв, причём показано, что убегание частиц вдоль трубок и затекание в них плазмы магнитослоя не влияют существенно на процесс их распрямления в обоих пределах.

В пятой главе изучена поперечная структура токового слоя в магнитосферном хвосте Венеры по данным аппарата Venus-Express и на основе известной модели «матрёшки» показано, что в одномасштабных токовых слоях основную роль играет ток протонов, тогда как за появление второго (большого) масштаба в двухмасштабных слоях отвечают однократно заряженные ионы кислорода, ток которых тогда может быть значительным.

Диссертация оставляет благоприятное впечатление продуманной, хорошо выполненной и вполне завершённой квалификационной работы. Представляется неуместным обсуждать пожелания для будущей научной работы автора, связанные с не использованными им возможностями изучить ряд интересных вопросов, подпадающих под развитые в диссертации методы теоретического анализа рассматриваемых задач физики магнитосферной плазмы. Уже в представленном виде высокий уровень квалификации автора и солидный объём его диссертации вызывают уважение.

Однако нельзя не указать методические недостатки диссертации, а также фрагментарность сравнения полученных теоретических результатов с имеющимися в научной литературе. В главе 1 без должного внимания оставлена глобальная асимметрия и особенности концентрации плазмы в центральной области найденных двумерно-неоднородных плоских магнитостатических структур. В главе 2 отсутствует физически важное обсуждение самосогласованной динамики токовой структуры, обеспечивающей реализацию выбранной модели эволюции магнитного поля в хвосте магнитосферы Нептуна. В главе 3 не сделан даже оценочный кинетический анализ предложенной упрощённой МГД-модели наклонного токового слоя в хвосте магнитосферы Земли, в то время как доминирующим является анализ используемых наблюдательных данных миссии Cluster, которому посвящены пять из шести параграфов. В главе 4 новизна и положения, выносимые на защиту, сведены к оценке длины магнитосферного хвоста Венеры (указанной к тому же с явно завышенной точностью), тогда как проведённые теоретическое исследование эволюции магнитных силовых трубок и её сравнение с данными наблюдений можно было бы использовать для формулирования физически более содержательных выводов о структуре и особенностях формирования всей магнитосферы. Изученные в главе 5 наблюдательные данные о тонком токовом слое в хвосте магнитосферы Венеры могли бы послужить для детализации и дальнейшего обоснования известной модели «матрёшки», использованной ранее при интерпретации многочисленных наблюдений токового слоя в хвосте магнитосферы Земли.

Несмотря на сделанные замечания, следует констатировать, что представленный в диссертации материал репрезентативен и обоснован. Достоверность полученных автором основных результатов не вызывает сомнений и подтверждается детальным аналитическим и численным анализом строго поставленных модельных задач, а также согласованностью полученных результатов с известными для тех случаев, которые были исследованы. Основные результаты опубликованы в научных журналах, специализирующихся по данной тематике. Соискателем внесён определяющий вклад как в разработку основополагающих идей диссертации, так и в количественную проработку рассмотренных конкретных приложений полученных результатов. Аккуратное оформление (с похвально малым количеством опечаток) завершает общее положительное впечатление о работе. Автореферат верно отражает содержание диссертации.

Диссертация И.Ю. Васько соответствует всем требованиям, предъявляемым Положением о присуждении степеней к кандидатским диссертациям, и её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент,
чл.-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук,
зав. отд. астрофизики и физики космической
плазмы ИПФ РАН (ул. Ульянова, 46,
г. Нижний Новгород, 603950) 

Вл.В. Кочаровский

25 марта 2014 г.

Подпись Вл.В. Кочаровского заверяю:

Учёный секретарь ИПФ РАН,
доктор физ.-мат. наук

В.Е. Шапошников

