

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Антоновой Елизаветы Евгеньевны на диссертацию Цыганенко Николая Алексеевича на тему «Моделирование магнитосферы на базе многолетних архивов космических и наземных данных», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Диссертация Николая Алексеевича Цыганенко на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, представленная в виде научного доклада, подготовлена на основе совокупности опубликованных соискателем 80 научных работ, среди которых более 30 опубликовано за последние 10 лет. Масштабное многолетнее фундаментальное исследование соискателя направлено на создание эмпирических моделей магнитного поля магнитосферы Земли и планет солнечной системы. В работе решалась актуальная задача, поставленная с момента начала исследований в околоземном космическом пространстве, по созданию модели магнитосферного магнитного поля, адекватно описывающих магнитосферные токовые системы и их изменения при изменениях внешних граничных условий. Не вызывает сомнений актуальность темы диссертации, направленной на решение не только фундаментальных, но и чисто практических задач, связанных с обеспечением спутниковой навигации, безопасности космических полетов и необходимостью мониторинга космической погоды.

На первых этапах автором работы использовался модульный подход, основанный на выделении определенных токовых систем. Такой подход позволил создать ряд моделей магнитосферного магнитного поля, которые широко использовались и продолжают использоваться в космофизических исследованиях, особенно в исследованиях, где необходимы быстрые численные алгоритмы. Модульный подход был оправдан пока рост количества спутниковых измерений магнитного поля и нарастание компьютерных мощностей не позволили перейти к более совершенным подходам, основанным на анализе распределённой системы парциальных источников. Появилась возможность выделения локальных областей и проведения моделирования с необходимым для решения задачи высоким пространственным разрешением. Были созданы эмпирические модели, которые не зависят от априорной информации о геометрии магнитосферных токовых систем и позволяют выделять новые токовые системы. Особый интерес представляют недавно полученные результаты методом «ближайших соседей» по восстановлению распределение давления горячей магнитосферной плазмы для конкретных событий.

Важным отличием подхода Н. А. Цыганенко к изучению магнитосферных процессов является учет необходимости самосогласованного рассмотрения структуры и динамики геомагнитного поля и характеристик магнитосферной плазмы. Был проведен анализ совместимости нескольких моделей магнитного поля с радиальными распределениями экваториального давления плазмы. Была построена, практически, первая статистическая модель плотности, температуры и давления протонов плазменного слоя хвоста магнитосферы Земли на геоцентрических расстояниях от 10 до 50  $R_E$  для широкого диапазона динамического давления солнечного ветра, величины и ориентации межпланетного магнитного поля.

Научная новизна работы достаточно полно представлена в положениях, выносимых на защиту. Автор создал новое направление солнечно-земной физики.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов обусловлена большим объемом используемых при создании моделей данных магнитных измерений и подтверждена тестированием при использовании известных статистических методов оценки точности моделей. Работа обладает внутренним единством, содержит принципиально новые научные результаты, имеющие важное значение для развития космофизических исследований и создания адекватной картины распределения магнитного поля и токов как в магнитосфере Земли, так и планет солнечной системы, обладающих собственным магнитным полем.

Диссертация Цыганенко Николая Алексеевича на тему: «Моделирование магнитосферы на базе многолетних архивов космических и наземных данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Цыганенко Николай Алексеевич, несомненно, присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета, доктор  
физико-математических наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
Научно-исследовательского  
института ядерной физики имени  
Д.В. Скобельцына Московского  
государственного университета  
имени М.В. Ломоносова

Антонова Елизавета Евгеньевна

28.06.2023 г.

Контактные данные: тел. +7903-1571497, e-mail: elizaveta.antonova@gmail.com

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2,

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (сокращенное название: НИИЯФ МГУ).

Тел.: +7(495)939-18-18, факс: +7(495)939-08-96, e-mail: info@sinp.msu.ru

Подпись Е.Е. Антоновой заверяю.

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ  
к.ф.-м.н.

28.06.2023 г.



Е.А. Сигаева