

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Шлык Наталии Сергеевны

«Форбуш-эффекты, вызванные взаимодействующими возмущениями солнечного ветра», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

Наталия Сергеевна Шлык пришла в отдел вариаций космических лучей и Центр прогнозов космической погоды ИЗМИРАН сравнительно недавно, но быстро стала важным и почти незаменимым членом коллектива, и нам уже трудно представить, как мы работали без неё. Она активно включается почти в каждый из проектов отдела и этот проект тут же заметно ускоряется и становится интереснее и продуктивнее. За 5 лет работы Наталия прошла в нашей науке путь, для которого многим, весьма достойным, научным работникам требуются десятилетия. В ИЗМИРАНе она осваивала солнечно-земную физику практически с нуля, но надо учесть, что у неё уже был серьёзный (в том числе, и научный) опыт и значительные достижения: степень кандидата педагогических наук, авторство многих методических пособий, звание «Учитель года Москвы» и т.д. Наталии Сергеевне (и всем её соавторам и друзьям) очень помогают её глубокие знания в общей физике и свободное владение английским.

Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию вариаций космических лучей (именуемых Форбуш-эффектами в честь первооткрывателя) и уровня сопутствующей геомагнитной активности под воздействием различных возмущений солнечного ветра, в том числе взаимодействующих. Галактические космические лучи очень чувствительны к изменению свойств плазмы солнечного ветра и способны откликаться на процессы, в значительной степени удаленные от непосредственного места их регистрации на Земле, поэтому вариации их глотности и анизотропии представляют собой ценный инструмент для исследования солнечной активности, состояния гелиосферы, определения свойств межпланетных возмущений, что подчеркивает важность выбранного направления исследований.

Тема исследования была определена Наталией Сергеевной самостоятельно, за ней же стояла инициатива детального рассмотрения более 1200 событий Форбуш-эффектов и анализа их солнечных источников за длительный период с 1995 по 2024 годы, также ею впервые было предложено разделение на изолированные и взаимодействующие события. Эта задача была впоследствии успешно решена, в результате чего в большой степени были улучшены и дополнены существующие в ИЗМИРАН базы данных Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений, солнечных вспышек, корональных выбросов массы. В ходе исследования были получены новые зависимости, касающиеся изменения параметров взаимодействующих событий в сравнении с изолированными: например, установлено повышение величин межпланетного магнитного поля и скорости солнечного ветра второго межпланетного возмущения в любой взаимодействующей паре, что увеличивает его способность модулировать галактические космические лучи и продуцировать рост геомагнитной активности. Также впервые установлено, что уменьшаются средние времена регистрации минимума Форбуш-эффекта, а также максимума скорости солнечного ветра и модуля индукции межпланетного магнитного поля, т.е. вторые события из взаимодействующих пар не дают полностью развиться первым, обрезают их. Всё это имеет большую практическую значимость и ценность для

грамотного составления прогнозов космической погоды и моделирования поведения потока космических лучей.

Наталия Шлык – это человек многочисленных и разнообразных способностей. Главная из них – удивительная работоспособность, именно она способствует раскрытию и реализации всех остальных способностей. Порою кажется, что она взяла на себя слишком много и не справится, но Наташа раз за разом успевает сделать всё намеченное быстро и хорошо. В диссертации содержится не только обширный обзор исследований (о чём свидетельствует внушительный список литературы), связанных с различными характеристиками самих Форбуш-эффектов, методами и инструментами изучения вариаций космических лучей, но и подробное рассмотрение причин их возникновения – а именно описание двух видов возмущений солнечного ветра, связанных с воздействием высокоскоростных потоков плазмы из корональных дыр и корональных выбросов массы. При активном участии Н.С. Шлык, в частности, нами была разработана и успешно апробирована в Центре прогнозов космической погоды ИЗМИРАН эмпирическая модель расчета времени и скорости распространения корональных выбросов массы, а также ожидаемых протонных возрастаний, установлены связи между характеристиками бурь в космических лучах и геомагнитных бурь.

Сочетание фундаментальных исследований, проводимых в отделе космических лучей, и прикладного аспекта, связанного с работой в Центре прогнозов космической погоды, позволило диссертантке также сделать интересные выводы о причинах аномальной 27-дневной модуляции потока космических лучей, зарегистрированной в 2014-2015 гг., и объяснить причины большого Форбуш-эффекта и экстремальной магнитной бури, зарегистрированных в мае 2024 г.

В диссертацию вошли далеко не все научные работы, выполненные Наталией Сергеевной в последние годы. Признаюсь, что мне не всегда удаётся соответствовать темпу такой ученицы. Но наше сотрудничество всегда радует и даёт хорошие результаты. По уровню и результатам проведенных исследований Н.С. Шлык безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Ведущий научный сотрудник
отдела вариаций космических лучей ИЗМИРАН
к. ф.-м. н.

А.В. Белов

15 сентября 2025 г.

Подпись А.В. Белова заверяю
Ученый секретарь ИЗМИРАН
к. ф.-м.н.



А.И. Рез