

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Шлык Наталии Сергеевны** «Форбуш-эффекты, вызванные взаимодействующими возмущениями солнечного ветра», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Хотя Форбуш-эффект понижения интенсивности галактических космических лучей под действием выбросов солнечной плазмы считается качественно понятным, многие тонкие особенности этого эффекта оставались совершенно неисследованными и впервые были проанализированы в работах соискателя. Ей были классифицированы и статистически обработаны методом глобальной съёмки несколько тысяч событий космической погоды, зарегистрированных по данным мировой сети нейтронных мониторов за 30-летний период. Благодаря такому большому объёму проанализированных данных достоверность полученных выводов и результатов не вызывает сомнений.

Мониторинг Форбуш-понижений открывает возможность восстановления информации о параметрах гелиосферных возмущений, и тем самым даёт возможность дополнительного метода прогнозирования космической погоды, что подтверждает актуальность выполненной работы. Автором обнаружено четкое различие во временных Форбуш-вариациях космических лучей при корональных выбросах массы (КВМ) и при высокоскоростных потоках из корональных дыр (КД). В частности, оказалось, что для изолированных событий, связанных с КВМ из активных областей, падение интенсивности происходит быстрее, а более глубокий минимум достигается раньше, чем в группе событий, связанных с высокоскоростными потоками солнечной плазмы из КД.

Однако относительно простое разделение Форбуш-эффекта и сопутствующих магнитных бурь для КВМ и потоков из КД существенно нарушается при наличии взаимодействия солнечных выбросов. Все неудачи космической физики с прогнозом интенсивности магнитных бурь, по-видимому, и были связаны именно с такими взаимодействующими выбросами разной природы. Поведение основных параметров потоков космических лучей для взаимодействующих событий даёт совершенно другую картину по сравнению с изолированными событиями. В частности, показано, что эффективность второго межпланетного возмущения в любой

взаимодействующей паре увеличивается по сравнению с изолированным возмущением с теми же параметрами, и приводит к более глубокой модуляции галактических космических лучей и усиленной геомагнитной активности. Установленные соискателем связи параметров изолированных и взаимодействующих возмущений солнечного ветра с последующими вариациями интенсивности и анизотропии галактических лучей содержат новые результаты, которые могут быть использованы для улучшения прогнозов геоэффективности солнечных источников межпланетных возмущений и космической погоды в целом, что определяет практическую значимость выполненной работы.

Особенно следует отметить трудоемкую работу соискателя по усовершенствованию и обновлению каталога ИЗМИРАН по всем солнечным событиям. Этот каталог существенно облегчил работу специалистов по физике Солнца и космической погоде.

О высоком научном уровне соискателя говорят 32 опубликованные по теме диссертации работы, большая часть которых представлена в ведущих мировых научных журналах. В работе мне понравилась тщательность изложения материала и четкость физических выводов.

Тем не менее, я должен отметить и некоторые замечания и пожелания к диссертационной работе.

1. В вариациях космических лучей одним из важных параметров является не только изменение плотности (изотропной части интенсивности) потока, но и изменения анизотропии. Хотя они также рассматриваются автором, но, на мой взгляд, недостаточно. Было бы полезно провести более подробный анализ изменений анизотропии космических лучей в разных событиях, и показать какую информацию о солнечных потоках она может дать.

2. Представленное исследование дает хорошую прогностическую базу как для модуляции космических лучей, так и для уровня сопутствующей геомагнитной активности. Дополнительное представление в работе примеров прогнозов различных типов событий космической погоды позволило бы еще уточнить выявленные закономерности или даже разработать прогностическую модель по данным нейтронных мониторов.

Тем не менее, в целом диссертация Шлык Н.С. является качественной и законченной научно-квалификационной работой с надежной степенью обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Работа была заслушана 21.01.2026 г. на онлайн-семинаре по физике околоземного пространства ИФЗ и была высоко оценена специалистами из разных институтов РАН. Работа соответствует всем критериям, установленным пп. 9-14 "Положения о присуждении учёных степеней", и её автор, Шлык Н.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Пилипенко Вячеслав Анатольевич
д.ф.м.н., проф.,
зав. лаб. физики околоземного пространства
Институт физики Земли РАН
123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., 10.
тел. +7-903-6184666 (моб)
E-mail: pilipenko_va@mail.ru
Диссертация защищена по специальности
01.03.03 – Физика Солнца

25 февраля 2026 г.



Подпись Пилипенко В.А. удостоверяю

Ученый секретарь Института физики
Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
к.ф.-м.н.



Лиходеев Дмитрий Владимирович