

**Отзыв на автореферат 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 (физико-
математические науки)**

Диссертационная работа Наталии Сергеевны Шлык посвящена изучению влияния крупномасштабных возмущений солнечного ветра (СВ) на вариации галактических космических лучей (ГКЛ) и установлению статистических связей параметров форбуш-понижений с межпланетными и геомагнитными возмущениями. В работе сочетается статистическое моделирование и анализ данных прямых измерений СВ и межпланетного магнитного поля (ММП) с наблюдаемыми параметрами ГКЛ, что позволяет рассматривать её как комплексное исследование вопросов модуляции ГКЛ во внутренней гелиосфере и основой для разработки методов прогноза космической погоды, а также ее геоэффективных проявлений на основе регистрации ГКЛ на мировой сети нейтронных мониторов. При этом важной составляющей анализа являются используемые автором основные количественные установленные ею характеристики форбуш-понижений: магнитуда (максимальная вариация) плотности ГКЛ; максимальное часовое уменьшение плотности ГКЛ в рассматриваемых событиях; максимальная величина экваториальной составляющей векторной анизотропии ГКЛ и максимальная в этих же событиях разность величин северо-южной составляющей анизотропии ГКЛ. Причем они рассматриваются совместно с соответствующими экстремальными значениями параметров СВ и ММП, а также с различными индексами геомагнитной активности. Это в итоге позволило автору сделать обоснованное заключение об их взаимосвязи.

Научная новизна исследования заключается в том, что диссертантом разработана эмпирическая модель для расчета скорости и времени распространения межпланетных возмущений типа корональных выбросов массы; впервые установлены пороговые значения времени между регистрацией отдельных межпланетных возмущений и соответствующими характеристиками различных типов возмущений СВ; впервые показано, что наличие взаимодействия между любыми парами межпланетных возмущений СВ усиливает эффективность второго возмущения, увеличивая его способность модулировать ГКЛ и производить рост геомагнитной активности; впервые установлено, что для взаимодействующих событий средние времена регистрации минимума эффекта Форбуша, а также максимумов скорости СВ и модуля ММП значительно меньше, чем в случае изолированных событий.

Нужно специально отметить значительный вклад диссертанта в развитие широко известной среди российских специалистов базы данных ИЗМИРАН (<https://tools.izmiran.ru/feid>), объединяющей сведения о характеристиках и свойствах наблюдаемых за 30-летний период времени событий эффектов Форбуша, которые имеют различную природу, с соответствующими параметрами межпланетной среды и геомагнитной активности. Именно на анализе представленной в ней информации автору удалось получить новые знания о модуляции ГКЛ в межпланетной среде и увязать их с вопросами диагностики и прогноза космической погоды. А использование этой базы данных

сторонними пользователями вносит значительный вклад в понимание особенностей модуляции ГКЛ при различных условиях в гелиосфере и разработку ее моделей. Можно также отметить, что работе Шлык Н.С. присуща продуманная логика изложения: автор последовательно переходит от постановки задач исследования к статистическим исследованиям и на их основе созданию эмпирической модели расчета времени и скорости распространения межпланетных корональных выбросов массы, их анализа и дальнейшей физической интерпретации.

Автореферат написан простым, ясным и понятным языком, он отражает основные положения диссертации, хорошо иллюстрирован и содержит необходимый объем сведений для проведения оценки работы. Результаты, выносимые на защиту, в достаточной мере апробированы на российских и международных научных мероприятиях, опубликованы в статьях в авторитетных рецензируемых научных журналах, в которых они прошли независимую научную экспертизу, что подтверждает их несомненное признание в научном сообществе.

К замечаниям же можно отнести приведенное в разделе «Общая характеристика работы» следующее утверждение автора: «Форбуш-эффекты - это изменения плотности и анизотропии КЛ в крупномасштабных возмущениях солнечного ветра». Но общеизвестно, что эффект Форбуша - это кратковременное и резкое понижение интенсивности ГКЛ, которое объясняется их повышенным рассеянием крупномасштабными возмущениями ММП, переносимыми СВ от Солнца к границам гелиосферы. А иногда наблюдаемые во время таких событий изменения, точнее возрастания вместо понижения, интенсивности ГКЛ являются следствием магнитосферных эффектов геомагнитных бурь, во время которых уменьшаются геомагнитные пороги обрезания над низкоширотными пунктами наблюдения. Однако это замечание носит общий характер, и оно никоим образом не умаляет достоинства работы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Шлык Н.С. является законченным научным исследованием, обладающим несомненной актуальностью и новизной. Автореферат полностью соответствует требованиям ВАК, а его автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия (физико-математические науки).

Директор ИКФИА СО РАН,
доктор физ.-мат. наук (специальность 01.03.03 - Физика Солнца)
Стародубцев Сергей Анатольевич

Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Адрес: 677027, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, пр. Ленина, д.31

Тел.: 8(4112)390-401

Эл. почта: starodub@ikfia.ysn.ru

Подпись Стародубцева С.А. удостоверяю
Ученый секретарь ИКФИА СО РАН,
к.ф.-м.н.
21 января 2026 г.

Бондарь Елена Дмитриевна