

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Григоренко Елены Евгеньевны на диссертацию Степанова Никиты Александровича на тему «Вариации потоков энергичных частиц в магнитосфере и высыпания электронов в ионосферу», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Диссертация Степанова Никиты Александровича посвящена актуальной проблеме построения эмпирических моделей, позволяющих определить роль различных параметров солнечного ветра и задержек их влияния на потоки энергичных электронов и протонов в плазменном слое ближнего хвоста и во внутренней магнитосфере, а также на ионосферные высыпания энергичных частиц и проводимость авроральной ионосферы.

Ускорение заряженных частиц в земной магнитосфере и их высыпания в авроральной ионосфере изучаются в течение многих десятилетий. Важной проблемой, до сих пор окончательно не решенной, является установление связей между параметрами солнечного ветра, обтекающего магнитосферу, и возрастаниями потоков энергичных электронов и протонов во внутренней магнитосфере. Решение данной задачи имеет огромное значение для построения моделей прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и состояния ионосферы.

В данной диссертационной работе сделан важный шаг на пути решения этой проблемы. Автором диссертации проделана большая работа по статистическому анализу 11-летних непрерывных наблюдений потоков энергичных электронов и протонов в ближней области геомагнитного хвоста и во внутренней магнитосфере многоспутниковой миссией THEMIS. Для исследования влияния характеристик солнечного ветра на ускорительные процессы в магнитосфере и высыпания энергичных частиц в авроральной ионосфере автором выбран ряд ключевых параметров солнечного ветра, таких как потоковая скорость, динамическое давление, электрическое поле пересоединения и др., которые отмечались и в более ранних исследованиях, как наиболее важные факторы, воздействующие на магнитосферу. Степановым Н.А. впервые выполнено масштабное статистическое исследование влияния этих факторов на возрастания потоков энергичных электронов и протонов в нескольких диапазонах энергий, построена эмпирическая модель зависимости потоков энергичных частиц и температуры плазмы в переходной области плазменного слоя от характеристик солнечного ветра и исследовано долготное, широтное и высотное распределение суббуревого отклика в ионосферной ионизации в области аврорального овала.

Научная ценность диссертационной работы состоит в том, что её результаты позволили систематизировать наши знания в части изучения эффективности влияния параметров солнечного ветра на потоки энергичных частиц и ионизацию авроральной ионосферы. Автором диссертации также разработан оригинальный метод для количественного анализа суббуревого отклика ионосферной ионизации в авроральном овале, который может быть использован в будущем для создания ионосферных моделей и прогноза космической погоды.

Новизна работы состоит в том, что автором диссертации впервые на основе статистического анализа большого объема данных построена эмпирическая модель зависимости потоков энергичных (10-150 кэВ) протонов и электронов, а также температуры плазмы в переходной области плазменного слоя, от параметров солнечного ветра. На основе этой модели автором выявлены ключевые параметры солнечного ветра, влияющие на потоки энергичных частиц во внутренней магнитосфере, высыпания электронов в авроральной ионосфере, и соответственно, на проводимость ионосферы. В диссертации предложен новый подход для воспроизведения динамической картины высыпаний и ионизации авроральной ионосферы в периоды суббурь различной интенсивности. Получена численная оценка пространственно-временного отклика в электронной концентрации авроральной ионосферы во время суббурь.

Степень достоверности полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 6 статьях в высокорейтинговых журналах, неоднократно представлялись на крупных российских и международных конференциях и семинарах.

Переходя к оценке диссертационной работы Степанова Н.А., следует отметить, что работа стилистически и логически хорошо изложена. Автором сделан квалифицированный обзор литературы, что позволяет читателю получить представление об исследуемой научной проблеме и полученных ранее результатах. Диссертация посвящена актуальной проблеме магнитосферной физики и содержит важные новые результаты, которые могут быть использованы для прикладных задач прогноза космической погоды в околоземном космическом пространстве.

Тем не менее, по работе имеются следующие **вопросы и замечания**.

1. Как и во всех предыдущих исследованиях проблемы влияния характеристик солнечного ветра на магнитосферные процессы, автором предполагается, однородность характеристик солнечного ветра, обтекающего магнитосферу, в азимутальном и полярном направлениях. Вопрос о возможном влиянии пространственных неоднородностей солнечного ветра, в том числе и мелкомасштабных, на величину полученных в работе задержек, автором не обсуждается.
2. В главе 1 автор отмечает, что "существенную роль в успехе регрессионного анализа играет выбор регрессионной модели". Однако, далее никак не обсуждается какие преимущества над другими моделями имеет выбранная автором модель.
3. Для некоторых магнитосферных процессов, в частности, для возрастных потоков энергичных электронов, в диссертации получены значительные по времени (вплоть до суток) задержки влияния характеристик солнечного ветра. Во второй главе для изменений в проводимости авроральной ионосферы получен значительный разброс задержек от 0.5 ч. до 16 ч. Какими физическими механизмами можно объяснить такие большие задержки и разброс в их значениях, наблюдающийся для одного и того же процесса? Возможно, проблема в том, что используемые данные по параметрам солнечного ветра были получены в одной точке пространства, и, в случае наличия пространственных неоднородностей в солнечном ветре, эти данные не отражают возможных возмущений, влияющих на магнитосферу?
4. Диссертация содержит некоторое количество опечаток и неточных формулировок. В частности, в главе 1 (стр. 9) утверждается, что электроны замагничены практически во всем плазменном слое, за исключением области нейтральной линии в дальнем хвосте. Однако, электроны могут быть размагничены в электронной диффузионной области в

