

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Самсонова Андрея Александровича 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.

В диссертации Н. А. Степанова представлена разработанная соискателем эмпирическая модель вариации потоков энергичных частиц в магнитосфере, исследовано влияние параметров солнечного ветра на ионосферную проводимость, изучены изменения в ионосфере, связанные с суббурями, разработана модель для предсказания ионосферных возмущений в зависимости от параметров, характеризующих суббурю. Соискателем была проведена большая работа по обработке данных спутниковых наблюдений в магнитосфере, наблюдений радара некогерентного рассеяния EISCAT, данных сети риометров, магнитометров IMAGE, а также наблюдений солнечного ветра и магнитосферных индексов. Разработанные в результате эмпирические модели позволяют на новом, более детальном уровне, описать связь потоков энергичных электронов и протонов в заданной области магнитосферы с параметрами солнечного ветра, а также предсказывать электронную концентрацию, холловскую и педерсеновскую проводимости в ионосфере во время суббурь. Таким образом, указанные модели имеют важное фундаментальное и практическое значение. С одной стороны, полученные результаты позволяют лучше понять какую роль играют те или иные параметры солнечного ветра в развитии магнитосферных возмущений. С другой стороны, потоки энергичных частиц в магнитосфере и, еще в большей степени, уровень ионосферной возмущенности оказывают влияние на практическую деятельность человека (например, на возможность радиосвязи в авроральной зоне), поэтому разработка прогностических моделей в данной области имеет очень большое значение.

Работа выполнена на высоком научном уровне, а полученные результаты соответствуют мировому уровню исследований. Это подтверждается публикациями в ведущих мировых журналах. В двух публикациях соискатель является первым автором, в четырех других он один из соавторов. Результаты работы были представлены на российских и международных конференциях.

Несомненно, соискателем было проведено большое и глубокое исследование, в результате которого получены новые интересные результаты. После прочтения диссертации, у меня не возникло вопросов к сделанным выводам: они представляются хорошо обоснованными. Но есть некоторые вопросы к выбранной методике исследования, которые было бы интересно обсудить. В частности, каким образом был осуществлен

выбор определяющих параметров солнечного ветра в первой главе? В качестве таких параметров были выбраны скорость, плотность, динамическое давление, функция Канали ЕКЛ и функция северного магнитного поля NBL, причем для всех параметров, кроме скорости, учитывалась предыстория в течение 24 часов. Отмечу, что учет предыстории мне представляется обоснованным и интересным, но почему при этом предыстория скорости солнечного ветра ограничена только часовым интервалом? Могут ли иметь значение другие параметры солнечного ветра, например полное магнитное поле или  $B_z$ ?

Из текста диссертации можно сделать вывод, что время задержки связано исключительно с особенностью отклика магнитосферы. Я совершенно согласен, что разные магнитосферные процессы могут характеризоваться разным временем задержки на вариации драйвера в солнечном ветре, однако я предложил бы рассмотреть также другую возможную причину задержек. В солнечном ветре существуют структуры, характеризующиеся определенной длительностью, например корональные выбросы масс и связанные с ними магнитные облака. Временной масштаб этих структур часы или десятки часов, что соответствует временному масштабу исследуемых магнитосферных явлений. Могут ли задержки в 10–20 часов, полученные в работе, быть вызваны особенностью таких структур солнечного ветра?

У меня возник и еще один «общий» вопрос. В первой и второй главах для статистического анализа использованы все доступные временные интервалы, как с высокой геомагнитной активностью, так и с низкой. Я полагаю, что статистически состояние спокойной магнитосферы более вероятно, чем состояние возмущенной магнитосферы. В то же время исследуются явления именно возмущенной магнитосферы (потоки энергичных частиц, ионосферные возмущения). Не стоило бы тогда ограничить временные интервалы, рассматривая только возмущенную магнитосферу? Во второй главе это тем более могло бы быть оправдано тем, что при низких значениях Кр индекса радар EISCAT выходит из зоны аврорального овала, как это отмечено в работе. Можем ли мы постоянно наблюдать хотя бы небольшие потоки частиц в магнитосфере, описанные в первой главе, даже при полностью спокойной магнитосфере? Отсутствие в работе обсуждения данных вопросов, однако, не является каким-то существенным недостатком, а только подчеркивает сложность поставленной задачи.

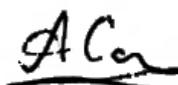
Диссертация Степанова Никиты Александровича на тему: «Вариации потоков энергичных частиц в магнитосфере и высыпания электронов в ионосферу» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Степанов Никита Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата

физико-математических наук по 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,  
научный сотрудник Университетского

Колледжа Лондона



подпись

Самсонов А. А.

Дата 23.01.2023