

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кривошуккого А.А. «Воздействие солнечных протонных вспышек на среднюю атмосферу Земли», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»

Диссертация посвящена очень актуальной проблеме моделирования воздействия солнечных космических лучей на атмосферу. Данная тематика тесно связана с широко известной проблемой солнечно-земных связей (или проблемой «космической погоды»), имеющей большое прикладное значение. С научной точки зрения проблема влияния солнечной активности на состав и физическое состояние атмосферы, погоду и климат является одной из самых важных и актуальных в современной солнечно-земной физике. По данной проблеме публикуются тысячи работ, создаются международные программы и проекты (VarSITI, ROSMIC, SPARC, SOLARIS, NEPPA и др.). Различные аспекты данной проблемы регулярно отражаются также в тематике международных конференций COSPAR, EGU, EMS. Следует отметить непосредственное участие самого автора в некоторых из приведенных выше проектов. Поэтому современность и актуальность представленной диссертационной работы не вызывает сомнений.

Из наиболее важных результатов можно отметить следующие:

1. Разработана 3-х мерная глобальная нестационарная транспортная модель средней атмосферы CHARM с модифицированным химическим блоком, учитывающая дополнительное образование окислов азота и водорода в периоды СПС, что позволило численно реализовать изменения химического состава, температуры и циркуляции после наиболее мощных протонных вспышек в 23-м цикле активности Солнца. Создана иерархия таких событий.

2. Создана новая версия модели общей циркуляции атмосферы ARM с более высоким пространственным разрешением и радиационными блоками более высокого уровня, в результате применения которой впервые была исследована реакция температурного режима и циркуляции средней атмосферы на воздействие СПС. обнаружена возможность долговременных последствий воздействия СПС на озон и температуру в стратосфере и тропосфере.

3. Численная реализация отклика области D ионосферы (где отсутствовали изменения озона) на СПС.

4. Показано, что вызванные СПС изменения температуры (~6 К) и циркуляции распространяются до более низких широт.

Относительно работы можно сделать несколько замечаний.

1. Следует отметить, что моделирование автором протонных воздействий на озон в рамках газофазной фотохимии достаточно хорошо и адекватно эксперименту отражает изменения NO_x и озона на высотах средней атмосферы (выше 35 км), что и отражено в названии диссертации. Тем не менее, из 7 рассматриваемых автором протонных событий 23 цикла, по крайней мере, 3 (14.07.2000, 4.11.2001, 28.10.2003) относятся к событиям типа GLE. Во время GLE высокоэнергичные частицы с энергиями $E > 450$ МэВ проникают в атмосферу ниже максимума озонового слоя и могут приводить к увеличению аэрозольной составляющей (что было подтверждено экспериментально и численными расчетами) с последующим возможным уменьшением общего содержания озона (ОСО). В этом случае для расчета изменений ОСО более адекватен другой механизм, связанный с гетерогенными процессами на поверхности аэрозольных частиц.

2. Применяемые автором для расчета ионизации интегральные спектры солнечных протонов (>1 , >10 , >100 МэВ) с предположением о степенном характере не позволяют в полной мере учитывать высокоэнергичный «хвост» в спектрах GLE, для которых характерно другое спектральное распределение (“heavy-tailed”), отличающееся от степенного. Для этих целей более оправданным может быть использование данных ИСЗ ГОЕС о потоках протонов в нескольких энергетических каналах до 850-900 МэВ.

3. При расчетах автором использовалось предположение об изотропном распределении интенсивности протонов всех энергий на границе атмосферы. Вместе с тем, следует отметить, что, например, событие GLE 28.10.2003, рассматриваемое автором, является сильно анизотропным. Для таких событий интенсивности потоков протонов в полярных областях двух полушарий могут отличаться на порядки. Хотелось бы, чтобы в дальнейшем этот фактор учитывался в модели, или, по крайней мере, была проведена оценка атмосферных откликов для различных степеней анизотропности протонных событий.

Приведенные выше замечания ни в коей степени не умаляют достоинств диссертационной работы, их следует рассматривать в качестве пожеланий при развитии автором своих представлений.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, своевременна, актуальна. имеет большое прикладное значение в плане прогнозирования будущих изменений озонового слоя и климата. Выводы подтверждаются на большом экспериментальном материале, написаны на хорошем научном языке.

Криволуцкий Алексей Александрович является известным специалистом

мирового уровня в области химии и физики атмосферы, а его диссертационная работа представляет собой серьезное междисциплинарное исследование и является существенным вкладом в солнечно-земную физику, физику и химию средней атмосферы, климатологию. Публикации автора в ведущих научных изданиях известны широкому кругу исследователей в нашей стране и за рубежом, регулярно цитируются.

Работа Криволицкого А.А. на тему «Воздействие солнечных протонных вспышек на среднюю атмосферу Земли» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Криволицкий Алексей Александрович безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Старший научный сотрудник ПГИ,

д.ф-м.н.



Е.А. Касаткина

С подлинным верно:
Логачева
Поблизь



Касаткина Елена Алексеевна, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Полярный геофизический институт Апатиты 184209, ул. Ферсмана, 14.

Тел.: 8(81555)79193, e-mail: oleg@aprec.ru