

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Криволуцкого 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.

Диссертационная работа А. А. Криволуцкого посвящена исследованию пространственно-временной структуры изменений химического состава (озон и другие малые составляющие), температуры и циркуляции средней атмосферы на воздействие интенсивных солнечных протонных вспышек в диапазоне энергий от 1 до 100 и более МэВ. По фактическим данным по протонным потокам во время вспышек, в предположении степенного характера энергетического спектра протонов, строится модель ионизации атмосферы для разных высотных уровней и широты места. Полученный вертикальный профиль скорости ионизации атмосферы используется далее в ионной фотохимической модели, где наряду с фотохимическими реакциями рассматривается взаимодействие между электронами, положительными и отрицательными ионами, с учетом диссоциативной рекомбинации. В автореферате упомянуты две модели. Более простая модель построена в стационарном приближении происходящих процессов и использована для описания воздействия протонных вспышек на химический состав полярной атмосферы и на изменение концентрации электронов и ионов на разных высотах. Модельный расчет позволил восполнить отсутствие фактических данных по электронной концентрации на раннем этапе проведения измерений.

Большая часть материала диссертации, представленного в автореферате, относится к результатам реализации численных сценариев воздействия протонных вспышек на химический состав атмосферы, полученным с помощью трехмерной глобальной фотохимической нестационарной модели атмосферы CHARM (Chemical Atmospheric Research Model), разработанной в лаборатории химии и динамики атмосферы ЦАО под руководством и непосредственным участием соискателя.

**Актуальность работы** заключается в существующей потребности развития численных моделей, позволяющих на основе данных спутниковых наблюдений, как уже накопленных, так и ожидаемых в будущем, решать задачи в области солнечно-земной физики.

**Научная новизна** работы состоит в том, что впервые исследована трехмерная пространственно-временная структура отклика химического состава озоносферы на воздействие мощных протонных вспышек в период активности Солнца, а также исследована реакция термического режима и циркуляции средней атмосферы на воздействие этих протонных вспышек.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке глобальной численной модели химического состава и динамики средней атмосферы, позволяющей на основе спутниковой информации о солнечных корпускулярных потоках прогнозировать изменения в озоносфере и нижней ионосфере Земли, вызванные Солнцем.

**Достоверность и обоснованность** полученных результатов подтверждена многократно. Это, прежде всего, сопоставление с результатами международного проекта NEPPA. Затем, хорошая корреляция с данными спутниковых наблюдений и ракетных экспериментов. Результаты диссертации прошли рассмотрение и опубликованы в реферируемых отечественных и зарубежных журналах.

**К некоторым недостаткам** оформления автореферата можно отнести использование неудачного оборота об образовании (стр. 12) и о генерации дополнительных (стр. 36) «атомов азота» вместо «молекул окиси азота» и использование аббревиатуры без предварительного разъяснения ее значения (ВГВ стр.10, СКЛ стр.36).

**Судя по автореферату**, диссертация Алексея Александровича Криволуцкого - законченное самостоятельное научное исследование в области наук о Земле, обладающее значительной новизной, научной и практической ценностью. Выполняя это исследование, А.А. Криволуцкий эффективно использовал методы математического моделирования и анализа экспериментальных данных. Исследование это

является достойной составляющей потока международных научных усилий по исследованию отклика земной атмосферы на события на Солнце.

Диссертация Криволуцкого Алексея Александровича "Воздействие солнечных протонных вспышек на среднюю атмосферу Земли", представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям. А.А. Криволуцкий заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук.

*Мы даем согласие на включение наших персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.*

Директор, профессор,  
д.ф.-м.н. (03.00.02 - биофизика),  
SergeySemenov1@yandex.ru; 8 499 1692411

Семенов Сергей Михайлович

В.н.с., к.ф.-м.н. (диплом кандидата наук ФМ № 003859 (закрытая защита))  
d\_severov@mail.ru; 8 499 1690170

Северов Дмитрий Арсеньевич

18 мая 2017 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук" (ФГБУ "ИГКЭ Росгидромета и РАН")

Адрес (учреждения): 107258 Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

Подписи Семенова С.М. и Северова Д.А. заверяю.

Начальник Отдела кадров ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»

Егорова Л. Н.

18 мая 2017 г.



(гербовая печать)