

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Гаврилова Николая Михайловича на диссертацию Мироновой Ирины Александровны на тему «Воздействие энергичных частиц на атмосферу Земли», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Работа И. А. Мироновой посвящена исследованию потенциальной роли энергичных частиц в вариациях параметров атмосферы, которая остается малоизученной из-за неопределенностей в скоростях ионизации атмосферы. Большое место в работе уделено разработке численных моделей и расчетам скоростей ионизации атмосферы во время высыпаний энергичных частиц. Получены численные оценки роли скоростей ионизации атмосферы в вариациях химического состава полярной атмосферы, воздействие на глобальную электрическую цепь и на полярный стратосферный аэрозоль.

Актуальность исследований обусловлена недостаточной точностью существующих эмпирических и численных моделей для решения задач воздействий возмущений на Солнце и в космическом пространстве на процессы в верхней и средней атмосфере. Описанные в диссертации исследования являются частью бурно развивающегося в настоящее время нового прикладного направления науки – космической погоды, которое направлено на изучение и мониторинг состояния межпланетного и околоземного космического пространства.

Практическая значимость результатов работы определяется возможностью применения разработанных численных моделей для прогнозов состояния атмосферы и ионосферы при решении задач о распространении радиоволн и торможении низколетящих спутников в периоды различного рода возмущений. Это позволит улучшить эффективность радиосвязи и радиолокации в различных регионах России и мира.

Особенно следует выделить работы диссертантки, связанные с включением разработанных алгоритмов расчета скоростей ионизации в действующие модели общей циркуляции атмосферы и климата. Это позволило впервые вывести исследования процессов солнечно-атмосферных связей на уровень количественного анализа с возможностью сравнения расчетов с экспериментальными данными.

Результаты работы Мироновой И. А. достаточно полно описаны в публикациях в ведущих мировых рецензируемых журналах. Уровень публикаций высок, и заслуживает максимальной оценки. При работе над диссертацией решен ряд актуальных важных научных задач и получены важные выводы, включая модельные оценки распространения в атмосфере моноэнергичных электронов, которые демонстрируют сильную вариабельность

и строгую зависимость от геомагнитных возмущений на разных высотах атмосферы; оценки степени разрушения мезосферного озона в зависимости от сезона, места и интенсивности вариаций скоростей ионизации атмосферы под воздействием высыпаний энергичных электронов; определена роль скоростей ионизации атмосферы в формировании полярного стратосферного аэрозоля во время солнечных протонных событий типа GLE; сделаны оценки степени разрушения озона и разрушающих озон групп ( $\text{HO}_x$  и  $\text{NO}_x$ ) во время Форбуш-понижений галактических космических лучей; дана оценка степени воздействия электромагнитного излучения во время солнечных вспышек на химический состав атмосферы и озон.

В качестве замечания можно отметить слишком краткое изложение научного диссертационного доклада. Изложению результатов работы уделено 6 страниц. Поэтому часть важных результатов изложена слишком кратко и схематично, либо просто перечислена. Доклад не содержит ни одного рисунка или графика с результатами. Однако, это замечание не умаляет большой работы, проделанной диссертантом и важности полученных результатов.

Считаю, что диссертация Мироновой Ирины Александровны на тему: «Воздействие энергичных частиц на атмосферу Земли» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Миронова Ирина Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной 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,

профессор кафедры физики атмосферы СПбГУ



Гаврилов Н. М.

09.11.2023