

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Коваля Андрея Владиславовича на диссертацию в виде научного доклада 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 соискателя посвящена решению актуальной научной проблемы исследования солнечно-земных связей, заключающейся в детальном исследовании воздействия энергичных частиц различной природы на динамические и химические процессы в атмосфере Земли. Основным направлением деятельности соискателя являлась разработка численных схем для расчета скоростей ионизации атмосферы во время высыпаний энергичных частиц, вызванных эруптивными солнечными протонными событиями, высыпаниями энергичных электронов из магнитосферы и потоками галактических космических лучей, с последующим проведением модельных расчетов, анализом результатов.

Проведенные соискателем при поддержке коллег исследования открыли новое направление солнечно-земных исследований, в рамках которых ионизация атмосферы рассматривается как основное звено в цепочке солнечно-земных связей, необходимое для изучения воздействия космической погоды и солнечной активности на атмосферу. Проведенные численные расчеты позволили получить оценки роли скоростей ионизации атмосферы в вариациях химического состава полярной атмосферы, в разрушении мезосферного и стратосферного полярного озона, а также воздействия ионизации на глобальную электрическую цепь и на полярный стратосферный аэрозоль.

Исследование роли энергичных частиц в процессах, влияющих на атмосферу Земли, представляет собой междисциплинарную проблему, находящуюся на стыке физики космоса и астрономии, и наук об атмосфере и климате. Земля постоянно подвергается бомбардировке энергичными заряженными частицами, приходящим из космоса, которые проникают в атмосферу Земли и могут влиять на различные атмосферные процессы. Большинство энергичных частиц происходят из космического пространства и известны как галактические космические лучи, состоящие в основном из протонов. Солнечный ветер является дополнительным источником менее энергичных частиц, состоящих в основном из электронов, которые ускоряются/захватываются магнитосферой Земли. Высыпания магнитосферных электронов и протонов в субавроральных широтах представляют интерес при рассмотрении свечений верхних слоев атмосферы. Эти свечения, в свою очередь, являются источником важной информации о химическом составе и термодинамическом режиме атмосферы на различных пространственных

масштабах. Это определяет актуальность и научную значимость исследований. С другой стороны, космические лучи являются основным источником ионизации в стратосфере. Хотя степень ионизации здесь очень мала (нижняя и средняя атмосфера, по существу, нейтральны), наличие подвижных ионов важно для поддержания химических процессов в атмосфере и атмосферного электричества. Важность исследований Мироновой И.А. подтверждается также поддержкой проектов под ее руководством со стороны российских и международных научных фондов.

Необходимо отметить ряд новых важных научных результатов соискателя, в частности:

- Разработанные технологии расчета скоростей ионизации атмосферы в слоях между нижней стратосферой и нижней термосферой позволили провести модельные оценки распространения в атмосфере моноэнергичных электронов во время высыпаний в ионосферу энергичных электронов магнитосферного происхождения.
- Произведены модельные расчеты степени разрушения мезосферного озона в зависимости от сезона, места и интенсивности вариаций скоростей ионизации атмосферы под воздействием высыпаний энергичных электронов.
- По результатам модельных расчетов во время эруптивных солнечных протонных событий типа GLE определена роль скоростей ионизации атмосферы в формировании полярного стратосферного аэрозоля.
- Определена взаимосвязь состояния мезосферного озона, а также озон разрушающих групп (НОх и NOх) и изменения ионизации атмосферы во время Форбуш-понижений галактических космических лучей.

Работа выполнена на высоком уровне, стоит отметить логику изложения в качестве преимущества и обилие пунктуационных ошибок в качестве недостатка. К работе возникли следующие замечания и вопросы:

- Ряд работ соискателя посвящен изучению реакции мезосферного озона на воздействие энергичных частиц. Хотелось бы понять роль колебаний мезосферного озона в глобальных атмосферных процессах, так как содержание озона в мезосфере мало.
- Безусловно, важным результатом научной работы Мироновой И.А. является формулировка нового направления исследований: «Скорости ионизации атмосферы как основное звено в цепочке солнечно-земных связей, необходимое для изучения воздействия космической погоды и солнечной активности на атмосферу Земли». У меня, как у специалиста по атмосферной динамике, возник вопрос к применению слова «скорость» в

данном контексте: а) почему оно во множественном числе? б) можно ли его вообще исключить из названия?

Все результаты научной деятельности Мироновой И.А. детально описаны в публикациях, включая ведущие мировые журналы, достоверность результатов многократно проверена. Учитывая актуальность работы соискателя, объем проведенных исследований, научную значимость полученных результатов, уровень и количество опубликованных материалов, я считаю, что диссертация в виде научного доклада 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», 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,
доцент кафедры физики атмосферы СПбГУ



Коваль А.В.

17.11.2023



Коваль А.В.
Ирина Александровна Миронова