

ОТЗЫВ

Кириллова Андрея Серафимовича 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.

Актуальными задачами физики космоса и геофизики являются исследования динамических, химических, температурных, излучательных процессов в различных слоях атмосферы Земли под воздействием высыпающихся в атмосферу высокоэнергичных частиц. При этом необходимо исследовать различные источники и энергии высыпающихся частиц, таких как галактические космические лучи, солнечные протоны, связанные с процессами на Солнце, высыпания высокоэнергичных электронов из магнитосферы Земли. Такие исследования требуют знаний, как в области физики космоса и астрономии, так и в науках об атмосфере и климате.

Диссертация Мироновой И.А. посвящена исследованию роли энергичных частиц в вариациях параметров атмосферы под воздействием высокоэнергичных частиц. Для решения данной проблемы необходима разработка численных моделей скоростей ионизации атмосферы во время высыпаний энергичных частиц, связанных с солнечными протонными событиями, высыпаниями энергичных электронов из магнитосферы и вариациями потоков галактических космических лучей. При этом необходимо проведение модельных расчетов скоростей ионизации атмосферы высыпадающими частицами, а также получение численных оценок роли скоростей ионизации атмосферы в вариациях химического состава полярной атмосферы.

Новизна диссертации Мироновой И.А. состояла в создании нового направления солнечно-земных исследований: «Скорости ионизации атмосферы как основное звено в цепочке солнечно-земных связей, необходимое для изучения воздействия космической погоды и солнечной активности на атмосферу Земли». Результаты решения в данном направлении исследований и составляют основное содержание данной диссертации.

Основные результаты диссертации содержатся в нескольких десятках статей, опубликованных в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах. Они неоднократно докладывались на конференциях и известны широкой научной общественности. Наиболее важные из этих результатов, определяя новизну и значимость работы, сводятся к следующему:

1. Проведены модельные оценки распространения в атмосфере моноэнергичных электронов от 30 кэВ до нескольких МэВ во время высыпаний в ионосферу энергичных электронов магнитосферного происхождения. Разработанная технология расчета

скоростей ионизации атмосферы от нижней термосферы до нижней стратосферы была использована для расчета скоростей ионизации атмосферы на различных временных интервалах, во время различных уровней геомагнитной возмущенности с использованием реальных спектров высыпаний энергичных электронов, полученных по спутниковым и баллонным наблюдениям. С помощью модельных расчетов скоростей ионизации атмосферы по данным спутниковых и баллонных наблюдений сделаны оценки степени разрушения мезосферного озона в зависимости от сезона, места и интенсивности вариаций скоростей ионизации атмосферы под воздействием высыпаний энергичных электронов.

2. Проведены модельные оценки распространения в атмосфере моноэнергичных солнечных протонов от 10 МэВ до сотни ГэВ и расчет скоростей ионизации атмосферы во время солнечных протонных событий типа GLE (ground level enhancement). На основе модельных расчетов скоростей ионизации атмосферы во время солнечных протонных событий типа GLE определена роль скоростей ионизации атмосферы в формировании полярного стратосферного аэрозоля. Отмечены факторы, которые могут привести к формированию стратосферного аэрозоля.

3. На основе модельных расчетов скоростей ионизации атмосферы во время Форбуш-понижений галактических космических лучей сделаны оценки степени разрушения озона и озон разрушающих групп (HO_x и NO_x). Отмечено, что семейство радикалов нечетного водорода (HO_x) во время Форбуш-понижений теряет около половины своей концентрации над полярной ночной стратосферой в зимний период. Также получено, что значительного отклика в нечетном азоте (NO_x) и стратосферном озоне не обнаруживается в летнее время в южной полярной стратосфере.

4. С помощью модельных исследований дана оценка степени воздействия электромагнитного излучения во время солнечных вспышек на химический состав атмосферы и озон. Показано, что электромагнитное излучение от солнечных вспышек класса X может привести к значительному увеличению концентрации нечетного азота азота (NO_x) в экваториальных широтах, но это увеличение не влияет на изменение содержания озона в тропической стратосфере. Отмечается, что изменение химического состава атмосферы в полярных регионах мало и статистически не значимо.

Эти результаты составляют основу вынесенных соискателем на защиту положений, которые достоверны и научно обоснованы. Полученные результаты представляют практическую ценность и могут быть использованы для анализа различных экспериментальных данных по изменению химического состава атмосферы Земли во

время вторжения высокоэнергичных частиц, включающих галактические космические лучи, солнечные протоны, высокоэнергичные электроны.

На основании всего вышесказанного можно заключить, 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», 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.

Зав. лабораторией атмосферы Арктики
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Полярного геофизического института
(184209, г. Апатиты Мурманской области,
ул. Академгородок, 26а, тел. (81555)79462
e-mail: kirillov@pgia.ru)
доктор физико-математических наук
Кириллов Андрей Серафимович



А.С. Кириллов

(Адрес ФГБНУ ПГИ:
183010, г. Мурманск, ул. Халтурина, 15
тел. (8152)253958
e-mail: general@pgi.ru)

Подпись Кириллова А.С. заверяю
Ученый секретарь ФГБНУ ПГИ
Попова Татьяна Аркадьевна



Т.А. Попова

«8» декабря 2023 г.