

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Карагодина Арсения Владиславовича на тему: «Воздействие космических факторов на процессы в глобальной электрической цепи», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1. 3. 1. Физика космоса, астрономия

В последние десятилетия изучение влияния космических факторов на приземную метеорологию и климат через посредство атмосферных электрических полей стало одним из важных направлений изучения атмосферного электричества с точки зрения его практической роли в жизнедеятельности человечества. В данной области остаётся много неясного. С одной стороны, довольно давно существуют как эмпирические, так и модельные данные, указывающие на модуляцию глобального электрического контура внешним воздействием, включающим вариации солнечного ветра и космических лучей, потоки заряженных частиц, вызывающие повышение скорости ионизации атмосферы, и флуктуации межпланетного магнитного поля (ММП). Помимо этого, результаты выполненных исследований демонстрируют высокую корреляционную связь между изменениями атмосферных электрических параметров, таких как вертикальное электрическое поле и плотность тока хорошей погоды, и возмущений в приземной метеорологии. Тем не менее, до недавнего времени вопрос о том, каким образом может осуществляться данная связь, оставался без ответа. В последние годы появился ряд гипотез, предполагающих, что связь между внешним воздействием и приземной метеорологией, обусловленная атмосферным электричеством, осуществляется через комплексные микрофизические процессы в облаках хорошей погоды в связи с влиянием электрических зарядов атмосферного тока на образование облачных ядер конденсации. На данный момент нет устойчивых эмпирических данных, подтверждающих выдвинутые гипотезы. Из результатов последних лет, можно выделить ряд статей, упомянутых в работе Карагодина А.В., а именно работы Harrison et al. (2015), Harrison and Lockwood (2020), Frederick et al. (2019) и Tinsley et al. (2021), где представлены некоторые свидетельства, указывающие на справедливость предложенных гипотез. И, конечно, на сегодняшний день не существует модельных данных, которые могли бы подтвердить связь вариаций атмосферного электрического поля с воздействием внешних факторов и изменений, происходящих в приземной метеорологии и климате, что подчёркивает новизну рассматриваемой работы.

Целью исследовательской работы Карагодина А.В. являлось изучение влияния космических факторов на изменение параметров атмосферного электричества и оценка влияния внешних факторов, через глобальную электрическую цепь, на климатическую систему Земли. Работа, объёмом в 115 страниц, включает в себя введение, три раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, и список литературы.

Во введении даётся информация, необходимая для принятия диссертации к защите, а именно: актуальность представленной работы; цель работы; положения, выносимые на защиту; список публикаций по теме диссертации, а также сведения по апробации работы.

В первой главе диссертации, автор подробно излагает историю исследований атмосферного электричества в целом, и связи изменений атмосферного электричества с внешними факторами, в частности. Помимо этого, автор отмечает все основные результаты прошлых исследований проблемы влияния атмосферного электричества на погоду и климат. Таким образом, в работе указаны все важные результаты прошлых исследований по обозначенной проблеме, определившие мотивацию для выполнения данной исследовательской работы.

Основную работу, проведённую Карагодиным А.В., можно условно разделить на две большие части, описанные во второй и третьей главах диссертации.

Вторая глава посвящена описанию методики расчётов, а также путям разработки и внедрения численного модуля расчёта составляющих атмосферного электрического контура в химико-климатическую модель SOCOL. Модуль включает расчёты ионосферного потенциала (с использованием нескольких численных способов параметризации) электропроводности и сопротивления атмосферы, а так же плотности тока хорошей погоды. Помимо этого, с целью учёта внешних факторов в вариациях атмосферной электропроводности, автором были рассмотрены скорости ионизации атмосферы, вызванные галактическими и солнечными космическими лучами, а также рассчитан вклад вариации азимутальной ( $B_y$ ) компоненты ММП в изменение величины ионосферного потенциала и тока хорошей погоды. Кроме этого, были рассчитаны скорости ионизации от приземного радона, которые также учитывались в разработанной электрической схеме. Из описания, представленного в данной части работы следует, что проделана очень большая работа по разработке и внедрению упомянутых расчётов в химико-климатическую модель SOCOL.

Третья глава посвящена изучению механизмов влияния внешних факторов на приземные метеорологические параметры через атмосферное электричество. Глава состоит из двух подразделов. В первом разделе дано описание модельного исследования эффекта Мансурова, т.е. отклика приземной метеорологии на изменение  $B_y$  ММП через атмосферное электричество. Во втором разделе представлена оценка отклика приземной метеорологии на изменение атмосферного электрического тока во время сверхмощного солнечно-протонного события, подобного событию 774-775 годов н.э.. Расчёты были сделаны с использованием ряда допущений, а также с учётом двух действующих гипотез, о росте и снижении концентрации облачных капель под воздействием электрических зарядов. Получен ряд интересных результатов и оценок влияния изменений атмосферного электричества под воздействием внешних факторов на приземную метеорологию и климат. Современные глобальные климатические модели имеют существенные ограничения, особенно в области физики облаков, что вызывает определённые сложности в моделировании связи между облачностью и током. Поэтому попытка диссертанта оценить, с помощью численного расчёта, величину и важность изменений в приземной метеорологии под действием атмосферного электричества, заслуживает высокой оценки.

Выводы, приведённые в заключении, полностью соответствуют представленным в работе результатам. Результаты работы важны как научный задел для дальнейшего совершенствования методов численного расчета параметров атмосферного электричества, и для исследования влияния атмосферного электричества на метеорологию и климат с помощью климатических моделей. Результаты работы были опубликованы в виде четырёх публикаций, входящих в международные издания, что заслуживает отдельной похвалы. Работа, выполненная А.В.Карагодиным несомненно заслуживает положительной оценки.

Что касается замечаний, следует упомянуть об определённых стилистических погрешностях в тексте диссертации: некоторые фразы в работе, так же как и определённые термины, написаны на английский манер. По-видимому, это объясняется тем, что в работе широко используются публикации в англоязычных изданиях, которые составляют основную массу публикаций по теме диссертации. Упомянутые замечания не критичны и не снижают важности и качества проделанной работы.

Диссертация Карагодина Арсений Владиславовича на тему: «Воздействие космических факторов на процессы в глобальной электрической цепи» соответствует основным требованиям,

установленным приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете»; соискатель Карагодин Арсений Владиславович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1. 3. 1.Физика космоса, астрономия.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, профессор по специальности «геофизика», главный научный сотрудник, руководитель научного направления, отдел геофизикии

Трошичев Олег Александрович

31.01.2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт»,  
199397, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38  
Тел.: +7(812)337-31-34,  
E-mail: olegtro@aari.ru



Подпись(и) Трошичев О.А.  
И ДОВЕРЯЮ  
УЧЕНЫМ СЕКРЕТАРЬ ААНИИ  
М.А. Гусакова