

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Карагодина Арсения Владиславовича на тему: «ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕССЫ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Конечная цель данной работы - изучение вклада космических факторов (ионизации и вариаций  $B_u$  ММП) в изменение параметров атмосферного электричества и оценка влияния внешних факторов на климатическую систему Земли через глобальную электрическую цепь (ГЭЦ). **Конкретный вклад автора** состоял в разработке соответствующего блока для глобальной химико-климатической модели SOCOL и проведении численных экспериментов. **Новизна работы** очевидна, поскольку данная работа представляет первую на Евроазиатском континенте попытку встраивания модели атмосферного электричества в глобальную химико-климатическую модель, ориентированную на разные важные приложения, включая прогнозы состояния атмосферы. Нужно отметить, что степень и механизмы воздействия электрических токов ГЭЦ на атмосферные процессы и климат пока не вполне выяснены, так что развитие данной темы представляет трудную, но интересную и **актуальную научную и прикладную задачу**

В ряду основных **новых результатов** отметим:

- Разработан и испытан блок ГЭЦ в глобальной численной модели SOCOL, в котором доступны несколько версий параметризации ионосферного потенциала, возможен расчёт проводимости атмосферы с учётом ионизации от галактических и солнечных космических лучей, и приземного радона, а также учёт изменения проводимости в облачности и из-за рекомбинационных процессов; производится расчёт сопротивления атмосферы и нисходящей плотности тока  $J_z$ .
- С помощью расчёта по глобальной модели получены численные оценки изменения проводимости в столбе атмосферы и тока  $J_z$  для экстремального солнечно-протонного события, а также оценки изменений метеорологических параметров.
- Оценены возможные метеорологические эффекты влияния  $B_u$ -компоненты ММП (через модуляцию ионосферного потенциала). При использованных численных значениях параметров связи вертикального тока с облачностью (пока плохо известных из независимых источников) эффект оказался незначительным; однако интерпретация этого результата неочевидна и требует проверки в будущем нескольких разных гипотез о механизмах влияния.

**Достоверность и значимость результатов** подтверждается их представлением на основных конференциях и публикацией в высокорейтинговых журналах по теме, а также значительным количеством тестовых расчетов и сравнений (например, для ионосферного потенциала и проводимости ионосферы) и контрольных экспериментов.

По опубликованному тексту диссертации можно сделать ряд замечаний.

1). Поскольку степень и механизмы воздействия электрических токов ГЭЦ на атмосферные процессы и климат пока не вполне ясны, а в количественном описании есть много пробелов, обзорную часть работы нужно было бы закончить сводкой известного, подчеркнув как пробелы, так и то, на что можно реально опереться при разработке. Однако это не было сделано, а сам обзор в гл.1 носит качественный, описательный характер, практически без формул и численных значений параметров связей разных процессов (см. также ниже).

2). В ряду неясных для меня или упущенных моментов упомяну следующее:

-  $J_0$  является параметром основной формулы на с.36, его величина выбрана равной  $10^{-9} \text{ A m}^{-2}$ , но не поясняется из каких соображений это сделано. На с.39 указано, что «абсолютные значения (*потенциала*) зависят от произвольно выбранной интенсивности зарядного тока внутри наэлектризованных облаков.» Какова неопределенность выбора и цена этого произвола для расчета интересующих величин?

- Неясно - откуда взята приведенная на с.45 формула «новой версии параметризации вклада облачных источников тока» ?

- с.66 указано что «помимо слияния жидких капель, мы учитываем и влияние  $J_z$  на скорость агрегации кристаллов льда» но не даны ни формула, ни численные значения параметров модели для которых проводился расчет.

3) В диссертации явно заметны следы спешки, проявляющиеся в словесных ошибках и неточностях разного рода. Из наиболее досадных отметим:

- на с.64 написано «Отрицательная полярность  $B_y$  ММП означает, что линии магнитного поля направлены к Солнцу» тогда как на деле  $Y$ - координата направлена перпендикулярно линии Солнце-Земля

- на с.23 фамилия Френкель дважды записана как Франкель (при том что ссылка в списке литературы русскоязычная)

- Зачастую используются жаргонизмы типа «реакция приземной метеорологии на флуктуации  $B_y$  ММП» - почему не сказать просто – реакция метеопараметров, ведь метеорология –это наука об устройстве атмосферы и атмосферных процессах.

Несмотря на отмеченные упущения, считаю что они не снижают общей положительной оценки этой, в целом успешной, квалификационной работы. Данная работа является первым опытом разработки в Европе расчётного модуля ГЭЦ для глобальной

климатической модели, проведение экспериментов с которой потребовал от соискателя разобраться с широким кругом вопросов атмосферного моделирования, освоить современную технику производительных вычислений, в процессе работы получены интересные результаты.

Диссертация Карагодина Арсения 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 ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры физики Земли Физического факультета СПбГУ



Сергеев Виктор Андреевич

26.01.2023

