

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Коваля Андрея Владиславовича на диссертацию Клименко Максима Владимировича на тему «Морфология и интерпретация пространственно-временных вариаций ионосферных параметров в спокойных условиях и во время возмущений различной природы», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

Работа соискателя посвящена моделированию динамических и химических процессов, происходящих в ионосфере Земли, а также их отклику на внешние воздействия, такие как геомагнитные возмущения, с учетом изучения изменений параметров ионосферы на различных стадиях таких возмущений. С этой целью была не только произведена модификация глобальной модели ГСМ ТИП и разработаны различные сценарии для постановки задач, но и проведена большая работа по анализу данных спутниковых наблюдений («Космос-900», «Интеркосмос-19» и СНАМР). Стоит отметить также ряд успешно решенных технических задач, включая, например, разработку и реализацию новых алгоритмов расчета радиотрасс волн КВ-диапазона на основе вариационного принципа.

Важность и актуальность исследований Клименко М.В. хорошо обоснована и сомнения не вызывает. Изучение динамических процессов, происходящих в ионосфере важно, прежде всего с фундаментальной точки зрения: до сих пор не существует моделей, способных адекватно прогнозировать отклик ионосферы на возмущения, приходящие «сверху», такие как, например, геомагнитные бури и суббури, и «снизу», например, распространение из тропосферы крупномасштабных волн, способных передавать вверх эффекты от различных экстремальных событий в средней стратосфере, таких как внезапные стратосферные потепления. Возникающие в ионосфере амплитудные и фазовые флуктуации радиосигнала способны оказывать существенное воздействие на работу систем коммуникаций, включая радиосвязь, системы глобального позиционирования и др. В настоящее время задача стоит именно в понимании природы и механизмов таких вертикальных взаимодействий, и в возможности их моделировать, чтобы в перспективе иметь возможность прогнозировать изменения состояния ионосферы, влекущие за собой искажения радиосигнала, а также иметь возможность к этим изменениям адаптироваться.

Результаты научной деятельности Клименко М.В. детально описаны в публикациях в ведущих мировых рецензируемых журналах. Уровень публикаций очень высок, и заслуживает максимальной оценки. Решен ряд важных научных задач. Проведено моделирование вклада плазмосферы в полное электронное содержание (ПЭС) при минимуме солнечной активности, в частности, показано как этот вклад может меняться во время геомагнитной бури. Другая важная техническая задача, реализованная при непосредственном участии соискателя – это верификация эмпирических моделей ионосферы (IRI-Plas, NeQuick) и осуществление адаптации моделей с помощью данных измерений полного электронного содержания. Под руководством соискателя или при его непосредственном участии были разработаны глобальная эмпирическая модель ионосферы, основанная на данных радиозатменных наблюдений, а также новая

эмпирическая модель Главного Ионосферного Провала (ГИП), на основе спутниковых данных. При этом, тестирование модели ГИП показало, что она гораздо более адекватно воспроизводит вариации зимней ночной субавроральной ионосферной структуры, включая структуры и форму ГИП, чем общепринятая Международная эталонная модель ионосферы (IRI-2012). Большая часть работ соискателя выполнена посредством моделирования ионосферных возмущений во время магнитосферных событий с помощью модели ГСМ ТИП, при этом получены новые результаты. Наиболее значимым при этом результатом мне видится то, что выявлен и дана интерпретация нового ионосферного эффекта последствия геомагнитной бури, что в очередной раз указывает на важность учета изменения нейтрального состава термосферы при интерпретации поведения ионосферы. Посредством модели всей атмосферы EAGLE, разработанной большим коллективом при участии соискателя, производились работы по изучению атмосферно-ионосферного взаимодействия. Важным достижением является тот факт, что соискателю удалось продемонстрировать динамический отклик ионосферы, включая поведение экваториальной ионизационной аномалии, на событие внезапного стратосферного потепления. Именно для решения такого рода задач, как мне представляется, соискатель и принимал участие в настройке и доработке модели EAGLE. В частности, соискатель интерпретировал возникающие во время ВСП ионосферные возмущения на авроральных и средних широтах, связав их с нагревом верхней термосферы.

У меня нет существенных замечаний к работе и публикациям Клименко М.В. Единственный момент, который хотелось бы отметить в качестве пожелания на будущее: представленные в публикациях результаты работы модели EAGLE показали некоторую грубость воспроизведения моделью ионосферных параметров. Т.е., очевидно, модель требует дальнейшей настройки, помимо этого, при рассмотрении модельных результатов, хотелось бы видеть оценки статистической значимости, например, когда речь заходит о влиянии приливов на зональное электрическое поле.

Диссертация Клименко Максима Владимировича на тему: «Морфология и интерпретация пространственно-временных вариаций ионосферных параметров в спокойных условиях и во время возмущений различной природы» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Клименко Максим Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

доктор физико-математических наук,
доцент кафедры физики атмосферы СПбГУ

21.11.2022

Личную подпись
А.В. Коваль
заверяю
И.О. начальника отдела кадров МЭ
И.И. Константинова
21.11.2022



Коваль А.В.