

## **О Т З Ы В**

**официального оппонента**

**на диссертацию Гончарова Егора Сергеевича**

**«Трехмерные численные модели Шумановского резонанса для исследования нижней ионосферы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы.**

Диссертационная работа Гончаров Е.С. посвящена развитию моделей численного расчета волноводного распространения КНЧ радиоволн в ионосферной плазме, а также методик анализа экспериментальных характеристик природных электромагнитных излучений применительно к исследованию нижней ионосферы. В настоящее время физика Шумановских резонансов, лежащая на границе между атмосферным электричеством, геомагнетизмом, и физикой околоземного пространства, переживает второе рождение, в связи с чем появление первой отечественной численной модели резонансной системы Земля-атмосфера-ионосфера является крайне актуальным.

Из наиболее важных, с моей точки зрения, результатов, я бы отметил следующие: Автором реализован 3D конечно-разностный код для расчета распространения волн в трехмерно-неоднородной анизотропной многокомпонентной ионосфере Земли. Благодаря этому, на основе численных расчетов получено эмпирическое соотношение между изменением собственных частот Шумановских резонансов и интенсивностью солнечной рентгеновской вспышки.

Впервые показано, что в экспериментальных спектрах Шумановских резонансов присутствуют периоды, совпадающие с известными периодами планетарных волн в атмосфере Земли, что делает возможным использование Шумановских резонансов в качестве инструмента мониторинга крупномасштабных волновых процессов в мезосфере-нижней ионосфере.

Полученные результаты отличаются новизной, находятся в согласии с имеющимися экспериментальными данными, надежно обоснованы, и представляют несомненный интерес для физики околоземного пространства и атмосферного электричества.

Из важных аспектов проблемы, которые не были раскрыты в диссертации, я бы отметил следующие:

- наложение граничного условия на высоте 100 км не дало возможность оценить просачивание энергии Шумановского резонанса в верхнюю ионосферу, и тем самым интерпретировать эффекты, наблюдаемые на низкоорбитальных спутниках.

- в численных расчетах методом FDTD используется модель глобальной молниевой активности только в виде дрейфующего одиночного центра. Таким образом, возможности модели для интерпретации реальных наблюдений сильно сужены, т.к. учитывается присутствие множественных источников.

Сделанные замечания носят характер пожелания на будущее и не влияют на общую положительную оценку работы. Характеризуя ее в целом, можно сказать, что настоящая диссертация является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. Результаты, вынесенные на защиту, полностью отражены и обоснованы в диссертации.

Достоверность результатов, представленных в диссертации, обеспечена квалифицированным использованием численных методов и сопоставлением с данными современных экспериментов. Результаты работы Гончарова Е.С. могут быть использованы в НИИЯФ МГУ, ИПФ, ИЗМИРАН, ИФЗ, ИКИ, СПбГУ, МФТИ, ФИАН, ГАИШ, ИНАСАН, ИСЗФ и других научных организациях, ведущих работы по физике космической плазмы.

Основные результаты, приведенные в диссертации, докладывались на семинаре отдела электромагнитного поля Земли ИФЗ РАН. Основные работы по теме диссертации изложены в 6 высокорейтинговых публикациях. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию.

Диссертационная работа «Трёхмерные численные модели Шумановского резонанса для исследования нижней ионосферы» и её автореферат, удовлетворяют требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а её автор – Гончаров Егор Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29—Физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент, Пилипенко Вячеслав Анатольевич,  
доктор физ.-мат. наук, профессор (специальность 01.03.03 – физика Солнца)  
Заведующий лабораторией «Физика околоземного пространства» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

Почтовый адрес: 123242, Россия, г. Москва, Б. Грузинская ул., 10/1  
Телефон: +7-903-6184666  
E-mail: pilipenko\_va@mail.ru

Я, Пилипенко Вячеслав Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий лабораторией «Физика околоземного пространства» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, доктор физ.-мат. наук

/ Пилипенко В.А.

Подпись Пилипенко Вячеслав Анатольевича удостоверяю,  
Ученый секретарь ИФЗ РАН  
кандидат физико-математических наук



Лиходеев Д.В.

«2» сентября 2022