

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Рябова Александра Владимировича

«Генерация низкочастотных радиоволн в верхней ионосфере при воздействии на нее мощным радиоизлучением стенда СУРА», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 — «Радиофизика».

Диссертационная работа А.В. Рябова посвящена исследованию возбуждению искусственного низкочастотного радиоизлучения в диапазоне 3–30 Гц в ионосфере при воздействии на неё мощным радиоизлучением стенда СУРА.

Актуальность темы. Создание искусственного источника низкочастотного электромагнитного излучения в ионосфере является актуальным направлением в современной радиофизике и геофизике, и имеет как фундаментальное, так и прикладное значение. Низкочастотные сигналы в диапазоне 3–30 Гц могут быть использованы для исследования волноводных свойств ионосферы, зондирования магнитосферы Земли, и искусственного воздействия на энергичные протоны в околоземном пространстве.

В работе экспериментально исследован источник низкочастотного излучения в диапазоне 3–30 Гц на среднеширотном нагревном стенде СУРА (Нижегородская область), рассмотрен механизм генерации сигналов в ионосфере с частотой модуляции волны накачки, проведен численный расчет поля источника в верхней ионосфере.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Тема, цели и задачи диссертационного исследования сформулированы на основе анализа мировых научных публикаций (список литературы включает 62 наименования). В диссертации дан детальный обзор экспериментальных результатов по эффектам искусственного возбуждения низкочастотного излучения в ионосфере на низких частотах, полученных разными международными группами на стендах EISCAT (Норвегия), Зименки (СССР), СУРА (СССР, РФ), Аресибо (Пуэрто-Рико), HAARP (США).

В работе А.В. Рябова представлены многолетние экспериментальные результаты по исследованию возбуждения низкочастотных сигналов в

диапазоне 3–30 Гц на нагревном стенде СУРА, проведен детальный анализ большого объема накопленных данных. Полученные экспериментальные результаты и выводы подкреплены теоретическими расчетами и физическим моделированием. Проведено обсуждение возможных физических механизмов генерации низкочастотных волн в ионосфере при воздействии на нее мощным модулированным радиоизлучением, проведен численный расчет параметров ионосферы в периоды проведения экспериментов.

Полученные экспериментальные данные расширяют и дополняют известные результаты, полученные международными группами. Результаты экспериментальных исследований интерпретированы в соответствии с проведенным теоретическим анализом. Таким образом, выводы работы представляются вполне обоснованными.

Результаты работы опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных журналах из списка ВАК, докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Поэтому сформулированные по результатам диссертационного исследования положения и выводы удовлетворяют критериям научной обоснованности и достоверности.

Новизна научных положений и выводов. Научные результаты диссертационного исследования А.В. Рябова являются безусловно новыми и оригинальными. В данной работе впервые были экспериментально исследованы свойства низкочастотных сигналов, генерируемых в результате воздействия мощным модулированным коротковолновым радиоизлучением стенда СУРА на ионосферу в ночных условиях. Для этого были проведены серии экспериментов в различных геофизических условиях. Автором впервые определены амплитудные и морфологические характеристики искусственных низкочастотных сигналов, наблюдаемых на поверхности Земли вблизи стенда СУРА в различных условиях:

- 1) Установлена зависимость величины принимаемых сигналов от геомагнитной активности;
- 2) установлена зависимость амплитуд принимаемых сигналов от соотношения между несущей частотой излучения стенда и критической частотой ионосферы;
- 3) обнаружено влияние ориентации луча антенны стенда СУРА на амплитуду наблюдаемых низкочастотных сигналов вблизи стенда.

Автором проведен численный расчет пространственного распределения плотности нелинейного дрейфового тока электронов в ионосферной плазме, возникающего в поле неоднородного пучка электромагнитных волн, рассчитано также распределение продольной и поперечной компонент вектора магнитной индукции $\mathbf{B}$ внутри источника.

Общая оценка и замечания по диссертации. Положения, выносимые на защиту, адекватно представляют результаты работы. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает суть исследовательской работы. Основные результаты полностью опубликованы в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и представлены на всероссийских и международных конференциях.

По работе можно высказать несколько **замечаний**:

1. Не освещен такой вопрос: ранее в литературе высказывались предположения, что в исследуемом диапазоне возможно резонансное возбуждение модулированным радиоизлучением ионосферного альвеновского резонатора и МГД волновода. Подтвердились ли эти теоретические модели или нет в экспериментах, проведенных автором? Если нет, то в чем может быть причина отсутствия таких эффектов?
2. В работе убедительно показано, что механизм Гетманцева в рассматриваемом частотном диапазоне оказывается неэффективен. Можно ли сказать, что автор нашел новый механизм? При каких условиях преобладает тот или иной механизм генерации?

Сделанные замечания не затрагивают основных результатов диссертационного исследования и вынесенных на защиту положений, которые получены впервые и представляют собой значительный вклад в исследования физики ионосферной плазмы.

Среди достоинств работы дополнительно отметим:

1. Высокую научно-практическую ценность данной работы для эффективного функционирования стенда СУРА: автором были введены в эксплуатацию дополнительно ионосферная станция CADI и цифровой приемник сигналов GPS с системой мониторинга полного электронного содержания ионосферы.
2. Автором разработаны и внедрены современные цифровые системы сбора и обработки данных: аппаратные решения National instruments, интегрированные с платформой LabView, программный комплекс по обработке данных и численному моделированию на платформе MatLab.

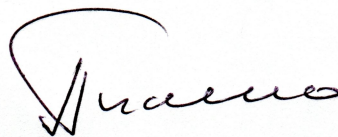
Заключение

Диссертация Рябова Александра Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи генерации и обнаружения низкочастотных электромагнитных волн в диапазоне 3–30 Гц при активном воздействии на ионосферу на стенде СУРА. Проведенная работа значительно продвинула вперед исследования по физике плазмы ионосферы.

Диссертация полностью удовлетворяет критериям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней». Тема, содержание работы и результаты в полной мере соответствуют специальности ВАК 01.04.03 — «Радиофизика», а ее автор — Рябов Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 — «Радиофизика».

Официальный оппонент

Пилипенко Вячеслав Анатольевич
профессор, д.ф.-м.н., зав. лаб. «Физика околоземного пространства»
ИФЗ РАН, 123242, г. Москва, Б.Грузинская ул., д. 10



«Подпись Пилипенко В.А. удостоверяю»

ученый секретарь ИФЗ РАН к.ф.м.-н. В.В. Погорелов

