

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ «ААНИИ»

д. г. н., проф.



И.Е. Фролов

мая 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» на диссертационную работу Медведева Андрея Всеволодовича "Развитие методов и аппаратных средств радиофизических исследований верхней атмосферы Земли на Иркутском радаре некогерентного рассеяния", представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «радиофизика»

Диссертация Медведева Андрея Всеволодовича посвящена решению важной проблемы в области экспериментальной радиофизики - повышению эффективности единственного в России Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Радары некогерентного рассеяния являются одним из наиболее информативных наземных радиофизических средств получения данных о состоянии верхней атмосферы и ближнего космоса. Такие радары довольно дороги в постройке и эксплуатации, мировая сеть их немногочисленна. Повышение эффективности работы этих крупных установок с целью наиболее полного использования их потенциальных возможностей признано мировым научным сообществом одной из важнейших задач экспериментальной радиофизики. ИРНР является единственным на территории России радаром такого типа и проблема развития его диагностических возможностей, разработки на его платформе новых методов радиофизической диагностики среды, несомненно, важна и актуальна.

Работу Медведева отличает комплексный подход к проблеме. Анализ зарубежной практики радаров НР, опыт, полученный при эксплуатации ИРНР в прошлые годы, позволили автору определить те основные направления радиофизических исследований, в которых могут быть достигнуты наиболее перспективные результаты. Определив эти направления, автор формулирует необходимые технические требования к различным системам и узлам ИРНР, которые должны быть достигнуты для реализации этих новых перспективных методов. Автор последовательно описывает структуру и состав нового управляющего и приемно-регистрирующего комплекса (УПК) ИРНР, описывает принципы взаимодействия основных элементов комплекса в различных режимах работы. Логическим завершением работы является убедительная демонстрация

автором возможностей новых методов радиофизической диагностики, разработанных с использованием результатов глубокой модернизации ИРНР.

Основные результаты, полученные Медведевым А.В., обладают необходимыми признаками научной новизны. Новизна управляющего и приемно-регистрирующего комплекса ИРНР обусловлена уникальностью конструкции радара. В мире не существует радаров НР, использующих антенную систему, подобную Иркутскому РНР. Поэтому разработанный УПРК содержит элементы новизны по определению. Кроме того, с использованием новых возможностей ИРНР автором разработаны оригинальные методы радиофизической диагностики верхней атмосферы Земли, позволяющие улучшить точность измерения базовых параметров околоземной плазмы, расширить набор измеряемых параметров среды, повысить коэффициент использования уникального оборудования, в частности:

- новый метод определения скорости дрейфа плазмы, учитывающий особенности ИРНР, позволяет в несколько раз повысить точность определения этой важной характеристики среды;

- новый комплексный метод исследования пространственно-временной структуры и характеристик распространения перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ) позволяет на основе совместного анализа данных ИРНР и других радиофизических средств ИСЗФ СО РАН изучать трехмерную картину волновых возмущений, измерять полный вектор скорости ПИВ;

- новый метод автоматического выделения волновых возмущений на основе анализа высотных профилей вариаций электронной концентрации, полученных на различных установках радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН, позволяет проводить статистический анализ длинных непрерывных рядов данных, выявлять суточные, сезонные и долговременные закономерности проявления волновых возмущений в верхней атмосфере;

- новый вид измерений – пассивные наблюдения в режиме непрерывного сканирования неба дает возможность использовать ИРНР как эффективный радиоастрономический инструмент, позволяющий исследовать динамику и степень пространственной неоднородности солнечного радиоизлучения в диапазоне длин волн около 2 метров, на основе регистрации мерцаний радиосигналов от дискретных космических источников определять параметры мелкомасштабных ионосферных неоднородностей.

Среди основных результатов автора особо следует отметить, выносимое на защиту исследование пространственно-временных характеристик волновых возмущений в ионосфере. Перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ) – являются объектом пристального внимания исследователей уже несколько десятилетий. Физическая природа ПИВ остается дискуссионным вопросом. Автором разработаны методы для детального исследования трехмерной высотно-временной картины волновых возмущений в ионосфере. Для этого было предложено объединять данные двух установок радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН – радара НР и ионозонда DPS-4, которые образуют «интерферометр» с базой около

100 км, позволяющей определять параметры ПИВ различных масштабов. Новые возможности Иркутского радара ИР позволили получать пространственные градиенты электронной концентрации в нескольких направлениях, лежащих в плоскости сканирования. Метод автоматического выделения волновых возмущений на основе анализа высотных профилей вариаций электронной концентрации позволил автору осуществить статистический анализ длинных непрерывных рядов данных и сформулировать ряд важных выводов, касающихся физической природы ПИВ, в частности:

- большинство наблюдаемых ПИВ соответствует теоретическим представлениям о распространении в верхней атмосфере внутренних гравитационных волн (ВГВ).

- большая часть ВГВ, наблюдаемых инструментами радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН, имеет отрицательные углы наклона волнового вектора и вызвана распространением волн из нижних слоев атмосферы.

- часть возмущений, имеющих обратный (положительный) угол наклона волнового фронта, вероятно, связана с ВГВ, отраженными от вышележащих областей.

Эти выводы несомненно важны для понимания природы возмущенности ионосферы и определения источников этой возмущенности.

Диссертационное исследование Медведева А.В. имеет высокую практическую значимость. Главная ценность работы заключается в возможности использования данных, получаемых на ИРНР, при оценке степени воздействия неблагоприятных гелио-геофизических факторов на функционирование важных инфраструктурных гражданских и оборонных объектов. Кроме этого, разработанные в диссертации методы и полученные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке прогностических моделей ионосферы, для решения прикладных задач радиолокации и космической навигации, в целях диагностики состояния космического пространства и контроля «космического мусора». В России в дополнение к Иркутскому радару ИР необходимо создавать подобные инструменты и в других регионах. В частности, ряд прикладных задач требует размещения радара некогерентного рассеяния в Арктике. Результаты, полученные автором при создании современных систем регистрации и управления подобными установками, будут, несомненно, востребованы.

Достоверность результатов, полученных в диссертации Медведева А.В. подтверждается использованием современных подходов к постановке и проведению радиофизических экспериментов; использованием адекватных методов и средств анализа и обработки сигналов; представительной статистикой экспериментальных данных; проверкой экспериментальных данных с помощью численного моделирования; качественным и количественным согласием с результатами теоретических и экспериментальных исследований, выполненных ранее другими авторами.

Некоторым недостатком работы является отсутствие развернутой классификации источников перемещающихся ионосферных возмущений.

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 25 научных работах, опубликованных Медведевым Андреем Всеволодовичем, в том числе, в 21 публикации в изданиях «Перечня ведущих периодических изданий ВАК» и цитируемых на научных платформах Web of Science и Scopus. Результаты диссертации неоднократно докладывались на российских и международных конференциях.

Работа написана грамотно и аккуратно. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация соответствует заявленной специальности 01.04.03 — «Радиофизика»

Результаты диссертации Медведева А.В. были заслушаны, обсуждены и одобрены на семинаре отдела геофизики ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (протокол №3 от 22 апреля 2014 г.)

Таким образом, диссертация является законченным и самостоятельным исследованием, в котором решена важная научная проблема экспериментальной радиофизики – существенно расширены диагностические возможности уникальной научной установки Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) в области получения новых физических характеристик верхней атмосферы Земли и изучения околоземного космического пространства. Диссертация отвечает требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Медведев Андрей Всеволодович заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 — «Радиофизика».

Отзыв составила:

зав. лабораторией радиофизических исследований  
отдела геофизики ФГБУ «ААНИИ», д.ф.-м.н.  
195276 г. Санкт-Петербург, ул. Руставели, д.4, кв.35  
тел.812 298 1475, E-mail: [nataly@aari.nw.ru](mailto:nataly@aari.nw.ru)

Н.Ф. Благовещенская



Председатель семинара отдела геофизики ААНИИ,  
зав. отделом геофизики ФГБУ «ААНИИ», д.ф.-м.н., проф.  
199406, г. Санкт-Петербург, ул. Гаванская, д.48, кв. 89  
тел. 812 352 6530, E-mail: [olegtro@aari.nw.ru](mailto:olegtro@aari.nw.ru)

О.А. Трошичев

