

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Подлесного А.В. «**Развитие диагностических возможностей ионозондов с использованием непрерывных ЛЧМ сигналов**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация Подлесного А.В. посвящена разработке нового однопозиционного ионозода ВЗ с зондирующим непрерывным ЛЧМ сигналом (ЛЧМ-ионозонд) на базе технологий программно определяемых радиосистем и методов цифрового синтеза и обработки широкополосных сигналов, созданию на его основе фрагмента сети ионосферного мониторинга и экспериментальным исследованиям пространственно неоднородной структуры естественно возмущенной ионосферной плазмы. Актуальность работы связана с развитием технического построения ЛЧМ ионозонда с использованием передовых цифровых технологий и совершенствования методик ЛЧМ зондирования.

Исследуемые в диссертации вопросы направлены на разработку новых технических решений в составе ЛЧМ ионозонда, повышение знаний и развитие теоретических моделей взаимосвязи солнечно-земных явлений, основанных на анализе многочисленных экспериментальных данных с новыми измеряемыми характеристиками ионосферы и физическом истолковании наблюдаемых явлений и эффектов. Создан новый однопозиционный автоматизированный ионозонд ВЗ ионосферы непрерывным ЛЧМ сигналом с ежеминутным измерением ионорамам — «Ионозонд-МС». Разработана методика и практически реализован цифровой корректирующий фильтр в схеме обработки принимаемого непрерывного ЛЧМ сигнала, позволяющий регистрировать передаточную функцию КВ радиоканала во всем диапазоне зондирования. Корректирующий фильтр позволяет эффективно детектировать сосредоточенные помехи пороговой обработкой и удалять их практически без искажений полезного сигнала.

Использование данных экспериментальных исследований, получаемых с одномоментным интервалом, позволяет провести истолкование динамики физических процессов, закономерностей и особенностей формирования, развития и релаксации ПИВ в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях. На субавроральных трассах НЗ различной ориентации и протяженности (Норильск, Магадан) обнаружены аномальные (боковые) сигналы, ассоциированные по результатам имитационного моделирования с рассеянием радиоволн на ионосферных неоднородностях полярной ионосферы. На базе обработки большого массива данных зондирования на трассах сети мониторинга в азиатской части России разработана классификация ПИВ по типу z-следов на ДЧХ и установлены количественные характеристики вероятности их регистрации на ионограммах вертикального и слабонаклонного зондирования для различных сезонов, уровней солнечной активности и времени суток. Проведен детальный анализ пространственно-временной структуры ионосферных неоднородностей, приводящих к деформациям следов отражений на ионограммах типа «multicusp» во время землетрясения, с использованием численного моделирования и привлечением данных близко расположенной сейсмической станции и сети приемников GPS-сигналов, который позволил выявить источник неоднородностей.

К недостатку, к сожалению, можно отнести то, что в работе не проведен анализ (не видно из содержания автореферата) влияние увеличения скорости

изменения частоты ЛЧМ сигнала в методе ЛЧМ-зондирования, а именно: 1) уменьшение энергии зондирующего сигнала; 2) увеличение частотной полосы сжатого по спектру ЛЧМ сигнала на выходе приемника; 3) влияние дисперсионных искажений ионосферы; 4) увеличение фазовых искажений модуляционной характеристики при цифровом синтезе ЛЧМ сигнала в виде его ступенчатой аппроксимации. Все перечисленные факторы уменьшают отношение сигнал/помеха, а последний приводит к появлению на выходе корреляционного приемника боковых паразитных сигналов («парные эхо» [Кук, Ч. Радиолокационные сигналы/Ч. Кук, М. Бернфельд — М.: Советское радио, 1971. — 246 с.]). Не рассмотрены методы минимизации отрицательных факторов этого влияния на энергетические и метрологические характеристики нового ЛЧМ ионозонда, как это было сделано автором при введении корректирующего фильтра.

Отмеченный недостаток, однако, не снижает высокого уровня диссертации. В целом диссертант показал себя высококвалифицированным специалистом в областях радиотехники и радиофизики, способным решать сложные теоретические и экспериментальные задачи с последующей интерпретацией полученных данных. Необходимо отметить, что автор на протяжении многих лет лично участвовал в создании «Ионозонд-МС», в организации и проведении экспериментальных ионосферных исследований на нем, обработке и истолковании их результатов, а также численном моделировании физических процессов в ионосфере.

Разработанные автором технические и программные блоки, методики, алгоритмы и результаты экспериментальных исследований могут быть использованы при решении ряда важных прикладных задач в системах КВ радиосвязи, радиолокации и пеленгации.

Работы автора хорошо известны в России и за рубежом, они неоднократно докладывались на Всероссийских и международных конференциях и публиковались в специальных журналах, в том числе и в журналах, вошедших в перечень ведущих научных журналов и изданий, опубликованный ВАК, а также включенных в базы Web of Science и Scopus.

Автореферат дает достаточно полное представление о диссертации и написан на высоком научном уровне. На основании содержания автореферата можно сделать заключение, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, является актуальной, обладает новизной и практической ценностью. В связи с этим её автор Подлесный А.В. заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Руководитель отдела научных разработок ООО «СИТКОМ», с.н.с. НТЦ-3 НИИДАР (совместитель, г. Москва), к.ф.-м.н. (01.04.03 – Радиофизика) Шумаев Владимир Васильевич, 424019, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Баумана, 10«Б»/18, тел. 8-906-138-51-62, e-mail: [shvvladimir@mail.ru](mailto:shvvladimir@mail.ru)



В.В. Шумаев

Подпись Шумаева В.В.

Директор ООО «СИТКОМ»,  
к.т.н.

ЗАВЕРЯЮ



А.Г.Чернов