

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «НПК «НИИДАР»,
доктор военных наук, профессор
Ю.Г. Аношко
«20» *сентября* 2023 года



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Акционерного общества «НПК «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи» на диссертацию Алсаткина Сергея Сергеевича «Метод восстановления высотного профиля электронной концентрации на основе малопараметрической модели фарадеевских замираний», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

Актуальность темы

Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР) является уникальным инструментом, который используется для изучения ионосферы. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к ионосферным исследованиям, поскольку ионосфера оказывает существенное влияние на функционирование связных, навигационных и локационных систем. Помимо

прикладных, существует достаточно широкий круг научных задач, связанных с исследованием ионосферы (влияние гелиофизических условий на динамику высотного профиля электронной концентрации, диагностика перемещающихся ионосферных возмущений и т.д.). Поэтому изучение ионосферы активно продолжается, в том числе и с использованием ИРНР. Это позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационных исследований является актуальной, а диссертация соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке алгоритма и создании программного комплекса, который реализует устойчивый метод восстановления профилей электронной концентрации по изменению мощности принятого сигнала, а также результаты автоматической обработки большого объема экспериментальных данных с использованием разработанного алгоритма.

Достоверность результатов работы обусловлена корректным использованием математического аппарата и применением адекватных физических и математических моделей, а также сравнением полученных результатов с данными ионозонда. Результаты сравнительного анализа показывают, что все основные закономерности суточного хода электронной концентрации систематически воспроизводятся по данным радиозондовых наблюдений.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов заключается в разработке устойчивых алгоритмов, работающих в автоматическом режиме, которые позволяют работать с большими объемами данных. Рассмотренные автором подходы легко обобщаются на случай более сложных высотных профилей электронной концентрации по сравнению с моделью Чапмена для слоя F_2 .

Результаты выполненных автором исследований могут использоваться для дальнейшего совершенствования алгоритмов обработки, основанных на регистрации изменения мощности принятого сигнала.

Автором опубликовано 9 научных работ по теме диссертации и получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Все опубликованные работы входят в перечень ВАК или международные базы данных Scopus и Web of Science.

Автореферат достаточно полно отражает материалы диссертации и соответствует ее содержанию.

Краткая характеристика основного содержания диссертации

Диссертация Алсаткина С.С. состоит из введения, трех глав и заключения, содержит 97 страниц, 40 рисунков, 4 таблицы и список литературы из 113 наименований.

В первой главе представлены основные технические характеристики ИРНР, основное внимание уделено конструкции антенной системы, которая делает данный радар уникальным инструментом для радиофизических исследований ионосферы. Основной особенностью радара является работа на линейной поляризации, поэтому автором рассматривается алгоритм восстановления профиля электронной концентрации по изменению мощности принятого сигнала, которое обусловлено эффектом Фарадея. Для того, чтобы улучшить разрешающую способность по дальности, автор остановил свой выбор на кодах Баркера. Это представляется вполне разумным техническим решением, поскольку использование линейно-частотной модуляции при прочих равных условиях дает больший уровень боковых лепестков, а рекомендации автора по выбору оптимальной длины кода Баркера (таблица 1.2 диссертации) позволяют получить компромисс между разрешением по высоте и отношением сигнал/шум в зависимости от состояния ионосферы.

Во второй главе рассмотрена методика восстановления профиля электронной концентрации по измеренным значениям мощности принятого сигнала. Автор совершенно справедливо отмечает, что какой бы точной не была модель, которая используется для восстановления профиля N_e , она не сможет охватить всего многообразия процессов, происходящих в ионосфере.

Поэтому предложенный автором формальный алгоритм, основанный на переборе всех гипотетически возможных параметров модели, гарантирует, что решение по минимуму невязки для измеренного и смоделированного высотного профиля мощности принятого сигнала будет получено. Это позволило автору автоматизировать процесс вычислений и обработать большой объем экспериментальных данных.

В третьей главе диссертационной работы представлены результаты экспериментальных исследований ионосферы по данным ИРНР при низкой и умеренной солнечной активности. С использованием разработанного алгоритма автор обработал большой объем экспериментальных данных. В частности, в третьей главе представлены зависимости N_e от времени на различных высотах для четырех времен года (зима, лето, весна и осень). Также выполнено сравнение суточных вариаций полного электронного содержания (ТЕС) ниже и выше максимума ионизации в слое $F2$ с данными ионозонда. Сравнительный анализ свидетельствует о том, что ниже максимума ионизации наблюдается очень хорошее соответствие результатов. На основе анализа экспериментальных данных автором сделаны обоснованные выводы о суточном ходе N_e при низкой и умеренной солнечной активности.

К диссертации имеются следующие замечания

1. При моделировании профиля мощности принятого сигнала автор использует модель Чапмена для слоя $F2$ (стр. 48 диссертации). Использовать такую модель или, например, профиль Эпштейна – дело личных предпочтений. Однако, в реальных условиях моделирование только одного слоя $F2$ может быть недостаточно. В диссертации отмечается, что ИРНР получает данные с высоты примерно 160 км и в этом случае свой вклад в поворот плоскости поляризации электромагнитной волны может давать слой $F1$. Кроме того, автор пишет о том, что сейчас ведутся работы по уменьшению минимально возможной

высоты до 100 км и в этом случае потребуется учитывать влияние слоя E на высотную зависимость мощности принятого сигнала.

2. Поскольку результаты диссертационных исследований автора могут представлять интерес для специалистов различного профиля, важным является вопрос терминологии. Очевидно, что для электромагнитных полей следует использовать понятия электродинамики, а в тех случаях, когда речь заходит о технических характеристиках ИРНР – термины радиолокации. В электродинамике вектор \mathbf{B} всегда называется вектором магнитной индукции, а в радиолокации функцией неопределенности всегда называется функция $\chi(\tau, \Delta f)$, представленная на стр.25 диссертации. Поэтому использованные автором определения «вектор магнитного поля» (стр. 14 диссертации) и «двумерная функция неопределенности» (формула (1.2) диссертации) представляются не очень удачными. Для того, чтобы улучшить разрешение по дальности, автор использует хорошо известные коды Баркера, поэтому называть их «специальными сложными сигналами» совершенно излишне. Применять термин «замирания мощности» для эффекта Фарадея также не слишком хорошая идея, поскольку под замираниями в теории распространения радиоволн понимают случайные изменения амплитуды и фазы принятого сигнала (например – вследствие многолучевости), в то время как вращение плоскости поляризации в ионосфере является детерминированным (т.е. вполне определенным) процессом.

Отмеченные замечания не снижают научную и практическую значимость результатов диссертационных исследований и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертация Алсаткина С.С. является законченной научно-квалификационной работой, которая имеет большое практическое значение для интерпретации данных, полученных с использованием ИРНР, а также для

совершенствования алгоритмов дистанционной диагностики ионосферы. Диссертация **соответствует требованиям** «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ, а также требованиям ВАК РФ, которые предъявляются к кандидатским диссертациям. Считаем, что автор диссертации Алсаткин Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Секции № 2 Научно-технического совета АО «НПК «НИИДАР» 10.08.2023, решение № 2-23.

Отзыв составили:


Кандидат технических наук, начальник лаборатории АО «НПК «НИИДАР»


Агапов Олег Александрович

Кандидат технических наук, ведущий инженер АО «НПК «НИИДАР»


Ахияров Владимир Влерович

Начальник отдела АО «НПК «НИИДАР»


Тютин Илья Валерьевич

Агапов Олег Александрович, кандидат технических наук (специальность: 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация), начальник лаборатории Акционерного общества «НПК «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи».

Почтовый адрес: 127083 г. Москва, ул. 8-марта, д.10, стр.5

Тел. раб: (495) 2320006 доб. 4868

E-mail: oagapov@niidar.ru

Ахияров Владимир Влерович, кандидат технических наук (специальность: 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация), ведущий инженер Акционерного общества «НПК «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи».

Почтовый адрес: 127083 г. Москва, ул. 8-марта, д.10, стр.5

Тел. раб: (495) 2320006 доб. 4833

E-mail: vahiyarov@niidar.ru

Тютин Илья Валерьевич, начальник отдела Акционерного общества «НПК «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи».

Почтовый адрес: 127083 г. Москва, ул. 8-марта, д.10, стр.5

Тел. раб: (495) 2320006 доб. 4833

E-mail: ityutin@niidar.ru