

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Сетова Артёма Геннадьевича** «Разработка методов калибровки и оценки чувствительности радаров некогерентного рассеяния», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 «Радиофизика»

Диссертационная работа Сетова А.Г. посвящена абсолютной калибровке радаров некогерентного рассеяния и проводимым на них измерениям.

Радары некогерентного рассеяния решают широкий спектр задач исследования и мониторинга атмосферы и околоземного космического пространства, что делает данную диссертационную работу **актуальной** как с точки зрения фундаментальной, так и прикладной физики. Получение качественных калиброванных измерений на любых научных инструментах чрезвычайно важно для корректного трактования результатов экспериментов по исследованию среды, а на инструментах такого масштаба как радары некогерентного рассеяния, обладающих уникальными антеннами и оборудованием, точные измерения требуют особого подхода. В итоге особенности и характеристики инструментов существенно влияют на выходные данные и научные результаты, что делает обязательным их учет ещё на этапе разработки и проектирования оборудования.

В диссертационной работе разработаны методы калибровки, которые применялись на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР), что позволило оценить чувствительность инструмента и провести длительные измерения солнечного потока в режиме приема радиоастрономических сигналов. Благодаря высокой чувствительности радара, сами измерения солнечного потока актуальны для метровой радиоастрономии и исследований быстрых процессов в солнечной атмосфере. Кроме того, проведено моделирование экспериментов по исследованию атмосферы Земли на радаров некогерентного рассеяния, которое показало уровень чувствительности, необходимый для современных исследований, и, тем самым, позволило выдвинуть технические требования для проектирования нового радара.

**Научная новизна** диссертационной работы определяется: 1) разработанными методами калибровки и определения солнечного потока на ИРНР, 2) непосредственно измерениями солнечного потока на частоте 161 МГц с высокой чувствительностью за один солнечный цикл, 3) разработанным методом, позволяющим определять и сравнивать диагностические потенциалы радаров некогерентного рассеяния в задачах исследования атмосферы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 113 страниц, включая 55 рисунков и 2 таблицы. Список литературы включает в себя 180 наименований.

**В первой главе** описана процедура абсолютной калибровки приемо-передающего тракта ИРНР. Приведена справка по существующим методам калибровки радиоприемных устройств. Представлены использованные в работе способ обработки данных и метод калибровки по шумовым картам неба. Примеры применения калибровки к радиоастрономическим данным убедительно демонстрируют существенное повышение качества измерений. Калибровка позволила оценить чувствительность ИРНР и найти потери в передающем тракте.

**Вторая глава** посвящена измерениям солнечного потока, проведенным по наблюдениям Солнца на ИРНР после калибровки. Показано как учитываются особенности антенны ИРНР при определении солнечного потока. Проведен сравнительный анализ полученных измерений с данными других инструментов и найден поток спокойного Солнца. В результате наблюдения

солнечного потока на ИРНР исследовано поведение радиоизлучения в метровом диапазоне во время солнечной вспышки, позволившее изучить морфологию события.

В третьей главе приведен метод для оценки исследовательских возможностей радаров некогерентного рассеяния при исследовании атмосферы. Проведенное моделирование экспериментов показало, что будущий радар НР-МСТ позволит исследовать как нижние, так и верхние слои атмосферы.

Материалы диссертации опубликованы в 8 научных работах, из которых 6 входят в международные реферативные базы Web of Science и Scopus. Результаты, полученные в работе, представлялись автором на нескольких российских и международных научных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Тем не менее, следует отметить ряд недочетов и замечаний к работе:

1. При калибровке используются модельные карты шума неба и диаграмма направленности, которые могут содержать существенные ошибки. Для контроля точности калибровки стоило бы провести дополнительную проверку по известным радиоисточникам.

2. В главе 2 проводится сравнение измерений солнечного потока по данным ИРНР и станции Лермонт на довольно значительно различающихся частотах 161 МГц и 245 МГц. Возникает вопрос — почему не было проведено сравнение с более близкими по частоте измерениями. Даже если станции были бы сильно разнесены по меридиональному расположению, можно сравнить среднесуточные и среднегодовые значения потока.

3. При рассмотрении диагностического потенциала в мезосфере не проведена оценка уровня сигнала в случае отсутствия мезосферных эхо. Кроме того, значительным источником рассеяния в мезосфере являются метеориты и следы их сгорания в атмосфере, что также не было исследовано.

Перечисленные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей критериям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», а ее автор Сетов А.Г, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 «Радиофизика».

### Официальный оппонент

Начальник теоретического отдела Акционерного общества «Научно-производственное объединение дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца (АО НПОДАР)»  
кандидат физико-математических наук (01.04.12 — геофизика)

**Виноградов Александр Георгиевич**



19.12.2025

Индекс, почтовый адрес места работы:  
127083, Москва, ул. 8 Марта, дом № 10, строение 1  
+7 (916) 732-05-82, avinogradov@npodr.ru

Подпись Виноградова А.Г. заверяю  
Заместитель Генерального директора АО НПОДАР



В.П. Савченко