

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Жукова Владимира Юрьевича
«Распознавание и исследование опасных явлений погоды в
многопараметрической метеорологической радиолокации»,
представленную в диссертационный совет Д.212.197.01
на соискание автором ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности
25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология»

Актуальность темы. Все развитые страны имеют свою национальную сеть метеорологических радиолокаторов. Это позволяет получать своевременную информацию о приближающихся опасных явлениях и обеспечивать этим безопасность населения и сохранность инфраструктуры, сложившейся на подконтрольной территории. За последние десять лет радиолокационная техника, применяемая в данных сетях, претерпела значительные изменения. Ее возможности значительно расширились за счет внедрения когерентных и поляризационных режимов работы. Получаемая при этом новая информация о наблюдаемых метеорологических целях требует разработки новых способов ее обработки и применения.

Предметом исследования рассматриваемой работы как раз и являются методы обработки радиолокационного сигнала, отраженного опасными явлениями погоды, с целью их своевременного распознавания и исследования. В связи с этим тема диссертации В.Ю. Жукова представляется важной и актуальной.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций. Анализ опубликованных соискателем работ, диссертации и автореферата показывает, что в них содержится новая научная информация по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология». Обоснованность полученных результатов является достаточно высокой и подтверждается широким использованием научных работ как российских, так и зарубежных авторов по данной проблематике и в смежных областях, корректным применением математического аппарата, использованием общепризнанной методологии и методов исследования, таких как научно-технический анализ, численное моделирование, математическая статистика, теория обнаружения сигнала, прикладное программирование.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием корректных моделей входных сигналов, которые являются общепризнанными для решаемых в диссертации задач и согласованностью полученных в ходе исследования результатов с работами других авторов. Также достоверность подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями при обработке данных реальных ДМРЛ.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций определяется тем, что в рамках данной работы были впервые получены следующие результаты:

1. Впервые создана модель сдвига ветра в пограничном слое атмосферы, отличающаяся тем, что позволяет установить однозначную зависимость между параметрами сдвига ветра и параметрами пространственного распределения ширины спектра отражений.

2. Впервые разработана модель участка атмосферы, содержащего вертикальный поток элементарных отражателей, отличающаяся тем, что отраженный сигнал представляется в виде суммы двух составляющих со случайными соотношениями мощностей и доплеровских сдвигов частоты.

3. Разработан новый метод обнаружения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы, отличающийся тем, что основан на использовании оценок ширины спектра отраженного сигнала и не зависит от ширины луча антенны радиолокатора.

4. Разработан новый метод восстановления вертикального профиля ветра на высотах до 500 м, отличающийся тем, что использует оценки ширины спектра отражений и позволяет радиолокатору выдавать информацию о профиле ветра в данном диапазоне высот с такой разрешающей способностью, которые были ему до этого недоступны.

5. Разработан новый метод обнаружения вертикальных потоков воздуха, отличающийся тем, что использует для указанных целей оценки ширины спектра амплитуды отраженного сигнала, и позволяет обнаруживать нисходящие и восходящие потоки воздуха на малых углах места антенны радиолокатора.

6. Сформулированы рекомендации по оптимизации условий наблюдения опасных явлений погоды, отличающиеся тем, что используют уже реализованные в многопараметрическом радиолокаторе технические решения - сложный зондирующий импульс, двойную поляризацию излучаемой электромагнитной волны - и позволяющие увеличить метеорологический потенциал, расширить интервал однозначного измерения радиальной скорости цели, подавить помехи от местных предметов.

Научная и практическая значимость работы заключается в том, что на основе более глубокого понимания особенностей формирования отражений от метеообразований разработаны и реализованы в ДМРЛ новые методы обнаружения сдвига ветра и восстановления вертикального профиля ветра по оценкам ширины спектра принимаемого сигнала, позволяющие реализовать в метеорологическом радиолокаторе функции, выполняемые в настоящее время радиопрофилемерами. На основе исследований процесса прохождения сигнала с двухмодальным спектром через амплитудный детектор разработан метод обнаружения вертикальных потоков воздуха на основе измерения ширины спектра амплитуды принимаемого сигнала. Разработаны рекомендации по оптимизации условий наблюдения опасных явлений погоды, обеспечивающие

выделение полезного сигнала в случае его наблюдения совместно с помехой от местных предметов и способствующие увеличению точности оценивания спектральных характеристик отражений.

Публикации по теме диссертационной работы.

По теме диссертации, кроме тезисов и статей в трудах конференций, опубликовано 50 статей в рецензируемых отечественных и зарубежном журналах, из которых 20 в реферируемых журналах списка ВАК (проиндексированных в Web of Science и SCOPUS).

Структура диссертации.

Структура и оформление диссертации соответствуют рекомендованного ВАКом ГОСТа 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав основного материала, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 215 ссылок. Общий объем диссертации - 312 страницы, включая 14 таблиц и 147 рисунков.

Во введении отражена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели диссертации и решаемые задачи, основные положения, выносимые на защиту, обоснованы научная ценность и практическая значимость полученных результатов работы, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе диссертации проанализированы информационные возможности многопараметрического метеорологического радиолокатора. Констатируется, что современный метеорологический радиолокатор - сложный технический комплекс, способный получать большой объем информации об окружающем пространстве посредством оценивания шести параметров принимаемого сигнала.

Вторая глава посвящена разработке моделей сдвига ветра и вертикального потока частиц, установлению влияния параметров этих моделей на характеристики информационных продуктов метеорологического радиолокатора.

Третья глава посвящена разработке методов распознавания опасных явлений на основе созданных в предыдущей главе моделей. Для этого они решены аналитически и на основе полученных формул решены обратные задачи. Здесь же рассмотрены методы распознавания других ОЯП и исследована возможность их применения в отечественном радиолокаторе ДМРЛ-С.

Для построения метода распознавания сдвига ветра рассматривалась отдельно каждый из вариантов построенной выше модели.

Численное решение трехслойного варианта при различных значениях задаваемых параметров показало, что отражения от второго (среднего) слоя практически не влияют на ширину спектра суммарного сигнала, если их

мощность не превосходит мощности других составляющих.

Полученные автором соотношения позволяют сформулировать метод распознавания сдвига ветра в пограничном слое атмосферы и восстановление его профиля.

Четвертая глава состоит из описаний экспериментальных проверок эффективности методов обработки информации многопараметрического радиолокатора. К сожалению, распознавание не всех опасных явлений подвергнуто такой проверке. Для одних это было невозможно из-за сложностей постановки эксперимента (микрорыв, сильный ветер), для других главная проблема - редкость его появления в климатических условиях России (смерч, пыльная буря).

Проведена проверка применимости в радиолокаторе ДМРЛ-С нового метода оценивания интенсивности осадков. Данные радиолокатора, установленного в г. Валдай обрабатывались традиционным и старым методами и сравнивались на предмет отсутствия грубых расхождений. За последнее принималась разница в оценках более 300%. В итоге проверено 32 пары карт, грубых расхождений данных на них не выявлено, в результате чего новый метод можно считать применимым на сети штормоповещения РФ.

По результатам эксперимента сформулированы рекомендации по обработке данных.

В пятой главе рассматриваются дополнительные возможности, которые появляются у метеорологического радиолокатора благодаря примененным в нем техническим решениям, а также за счет объединения получаемой им информации с данными других технических средств дистанционного зондирования.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при работе над диссертацией.

На основе теоретических и экспериментальных исследований поставлена и решена крупная проблема повышения информативности и качества работы сети штормоповещения Российской Федерации, основу которой составляют отечественные многопараметрические радиолокаторы ДМРЛ-С.

Наиболее важными результатами диссертации, имеющими высокую степень новизны и научной значимости, являются:

- Исследованы особенности наблюдения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы доплеровским радиолокатором на основе численного решения модели данного опасного явления погоды. Выделены три варианта модели в зависимости от соотношения вертикальных размеров слоя атмосферы со сдвигом ветра и разрешаемого объема радиолокатора. Для каждой из них определены характерные пространственные распределения ширины спектра отражений. Доказана связь между параметрами сдвига ветра (величина сдвига, наличие сдвига по направлению, ширина слоя) и параметрами пространственного распределения ширины спектра отражений (его максимальное значение, наличие спиралей больших и малых значений,

скорость «завития» этих спиралей и т.д.).

- На основе решения обратной задачи разработаны методы распознавания сдвига ветра в пограничном слое атмосферы, а также восстановления профиля ветра на высотах до 500 м по оценкам ширины спектра принимаемых отражений. В отличие от используемых на данный момент методов, применяющих оценки средней частоты спектра, новые обеспечивают требуемую разрешающую способность независимо от ширины диаграммы направленности антенны радиолокатора и длительности его зондирующего импульса. Их реализация в современном метеорологическом радиолокаторе не требует внесения каких-либо изменений в его конструкцию или режим работы.

- Исследованы особенности радиолокационного наблюдения вертикального потока элементарных отражателей под малыми углами места антенны с помощью моделирования данного потока, позволяющего представить создаваемые при этом отражения в виде суммы двух составляющих с различным соотношением мощностей и разницей доплеровских сдвигов частоты, не превосходящей по величине суммы ширин спектра этих составляющей.

Соответствие автореферата диссертации.

Текст автореферата написан хорошим научным языком и дает полноценное представление о постановке задач и результатов диссертации. В автореферате кратко и достаточно ясно изложено содержание диссертационной работы.

Апробация работы и публикации.

Материалы диссертации прошли апробацию на 12 российских и международных конференциях в период 2011-2018 гг. Работа, выполненная по теме, была поддержана рядом программ фундаментальных исследований РАН.

Общие замечания по представленной диссертации:

1. Среди новых опасных явлений, распознаваемых многопараметрическим метеорологическим радиолокатором, отсутствуют зоны повышенной турбулентности.
2. При разработке модели сдвига ветра в однослойном варианте не рассматривается случай сдвига ветра по величине.
3. Экспериментальная проверка поляризационного метода распознавания града проводится на основе слишком малого объема выборки – 13 случаев.
4. Применение в рисунках второй главы (2.14, 2.16, 2.21 и 2.23) различных градаций цветовой шкалы для каждого из представленных на них вариантов распределения ширины спектра затрудняет сравнение этих вариантов между собой.
5. Недостаточно обоснованными представляются критерии отбора радиолокационной информации при экспериментальной проверке метода обнаружения сдвига ветра по оценкам ширины спектра

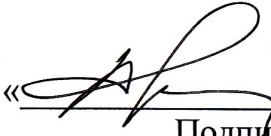
принимаемого сигнала – облачность не менее 6 баллов и средняя отражаемость целей не хуже 10 дБZ.

Отмеченные недостатки не являются критичными и не подвергают сомнению результаты, полученные в диссертационной работе.

Заключение. Таким образом, диссертация В.Ю. Жукова «Распознавание и исследование опасных явлений погоды в многопараметрической метеорологической радиолокации» является законченным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований и разработок осуществлено решение научной проблемы по разработке научно-методического аппарата по радиолокационному распознаванию и исследованию опасных явлений погоды, имеющей важное значение для метеорологии. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и по уровню вклада соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Диссертация написана технически грамотно, выполнена на актуальную тему, соответствует заявленной специальности и содержит научную новизну и практическую значимость. Результаты работы достаточно полно отражены в публикациях. Автореферат диссертации отражает её основные идеи и выводы. Автор диссертации, Жуков Владимир Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология».

Аджиев Анатолий Хабасович
Доктор физико-математических наук, профессор
Заведующий отделом стихийных явлений
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
Адрес: 360030, КБР, г.Нальчик, пр.Ленина, 2,
adessa1@yandex.ru
тел.8(8662)40-19-16

Я, Аджиев Анатолий Хабасович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«17.05.2019 г.» «»
Дата Подпись



Подпись зав. отделом ФГБУ «ВГИ»
М.Н. проф. Аджиева А.А.
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ФГБУ «ВГИ»
М.Н. Мар (Жакекова М.В.)
» 20 19 г