

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н., проф. Куповых Г.В. на диссертационную работу Жарашуева Мурата Владимировича «Разработка методов и алгоритмов сопряжения и обработки метеорологических данных для целей противогодовой защиты и штормоповещения», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате.

Современное развитие грозопеленгационных, спутниковых и наземных сетей метеорологических наблюдений требует решение задачи сопряжения результатов дистанционных наблюдений с данными наземной сети метеостанций. Это обуславливает необходимость увеличения информативности метеонаблюдений, модернизации и оптимизации методов обработки метеорологической информации, повышения точности оценки метеообстановки, автоматизации операций по активному воздействию на атмосферные процессы. Предлагаемый комплексный подход к анализу метеорологических данных существенно повышает качество прогнозов погоды и опасных природных явлений, что определяет **актуальность и практическую значимость** темы диссертационного исследования.

В диссертационной работе решается крупная междисциплинарная проблема - исследование грозовой активности на основе комплексной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных для совершенствования технологии противогодовой защиты и штормоповещения, имеющее важное **научное и прикладное значение**.

Автором проведено исследование грозовой активности на основе комплексной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных для совершенствования технологии противогодовой защиты и штормоповещения. Для достижения цели работы разработаны новые методы: радиолокационного распознавания метеообъектов, калибровки отдельного МРЛ и радиолокационной сети, сопряжения данных радиолокационных, грозопеленгационных и наземных, статистического анализа получаемой информации, снижения погрешности измерений.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения. Объем составляет 318 страниц, содержится 117 рисунков, 12 таблиц и 3 приложения. Список литературы включает 317 наименований.

Во **введении** сформулирована цель и обоснована актуальность

диссертационной работы, определён круг решаемых задач, сформулированы выносимые на защиту научные положения, указаны их новизна, научная и практическая значимость.

В первой главе сделан анализ состояния проблемы комплексирования различных типов метеорологической информации и возможностям существующих радиолокационных, грозопеленгационных и наземных сетей метеостанций и постов. Описана ячеиковая структура конвективных и слоистообразных облачных систем.

Во второй главе описаны разработанные методы идентификации облаков и навеса конвективных ячеек, метод автоматического сравнения радиолокационной и наземной информации, позволяющем обнаружить причины расхождения показаний МРЛ и метеостанций. С помощью предлагаемого метода и алгоритмов автоматизированной калибровки МРЛ, было проанализирован ряд случаев несовпадения показаний локаторов, и рассчитаны необходимые изменения в коэффициентах константы локатора. Данный метод полезен для существующей сети МРЛ, но в особенности - для формирующейся сети ДМРЛ, ввиду большого числа радиолокационных станций и невозможности в реальном времени в ручном режиме отслеживать разность сетевых локаторных показаний в равноудаленных областях пространства. На основе метода автоматической идентификации конвективных ячеек (КЯ) разработан метод фильтрации аномального радиоэха, который позволяет в автоматическом режиме контролировать временной ход параметров, определять скорость и направление движения, оценивать грозо- и градоопасность облаков. Все разработанные методы реализованы и подвержены свидетельствами о государственной регистрации.

В третьей главе приведены результаты экспериментов для проверки эффективности разработанных методов, способствующих повышению информативности радиолокационных наблюдений. Используются данные многолетних исследований КЯ в разные времена года, полученные разными МРЛ. На основе метода автоматической идентификации КЯ разработан метод фильтрации аномального радиоэха, определяющий области, где возможно образование аномальной рефракции. Предложен метод автоматической идентификации площадок засева с высокой степенью точности коррелирующий с реальными данными воздействия на градовые процессы. Разработан метод автоматического сравнения радиолокационной и наземной информации, позволивший обнаружить

причины расхождения показаний МРЛ и метеостанций. С помощью предлагаемых методов и алгоритмов статистического анализа молниевой активности были проведены исследования грозоградской деятельности на территории Северного Кавказа.

В четвертой главе с помощью разработанных методов и алгоритмов приведены результаты исследования большого объема данных наблюдений за период 2002-2020 гг. включающие в себя:

- повторяемость и параметры градовых конвективных ячеек на выбранных территориях;
- распределения по высоте неблагоприятных для полета авиации облачных условий;
- характеристики молниевых разрядов и мощных грозовых процессов.

Впервые на обширном экспериментальном материале получены подробные статистические данные о повторяемости КЯ с ливневыми и градовыми осадками различной интенсивности, а также их региональный, многолетний, годовой и суточный ход. Установлены сезонная и почасовая повторяемости опасных КЯ по отдельному году и за все годы наблюдений.

Детально изучены многолетний, годовой и суточный ход градоопасности двух регионов, установлены наиболее опасные периоды года и суток, выявлены региональные особенности в повторяемости КЯ со слабым, умеренным и интенсивным градом, получены соотношения повторяемости градовых процессов разной интенсивности. Исследована взаимосвязь периодов развития градовых процессов с температурой, влагосодержанием атмосферы, аэросиноптическими условиями, солнечной активностью. Показано, что четкой связи градоопасности и солнечной активности не наблюдается.

Получены обширные статистические данные о частоте пространственных точек с градовой, грозовой и ливневой опасностью, характеризующими вероятность встречи с крупным, средним и слабым градом, представляющие интерес для целей обеспечения безопасности полетов авиации

В пятой главе описаны перспективы применения разработанных методов, даны рекомендации по оптимизации радиолокационных наблюдений при проведении противоградовых работ. Показано, что методы комплексной обработки радиолокационной информации, могут быть использованы для оптимизации работы радиолокационной сети.

Предложенная модернизация методов обработки информации и

оптимизация радиолокационной сети штормоповещения включает в себя следующие пункты:

- объектно-ориентированный подход к построению метеорологических карт;
- автокалибровку радиолокационной сети по эталонному локатору;
- автоматическую фильтрацию аномального радиоэха.

Новизна проведенных исследований.

1. Предложены новая методика и программа сопоставления радиолокационной и наземной информации о суммарном количестве и интенсивности осадков.

2. Впервые разработана методика статистической оценки грозоградской активности в зависимости от рельефа местности на основе грозопеленгационной и радиолокационной информации.

3. Проведены исследования грозовой активности на территории Северного Кавказа и выявлены наиболее грозо-градоопасные районы.

4. Разработаны новые рекомендации по оптимизации оценки эффективности воздействия на облачные процессы на основе применения предложенного метода автоматической идентификации и определения временного хода параметров КЯ.

Научная и практическая значимость.

1. Полученные в работе статистические данные о характеристиках синхронных измерений молниевых разрядов различных типов и радиолокационных характеристик конвективных облаков могут быть использованы для уточнения электрической и микрофизической структуры конвективных облаков на различных стадиях их развития.

2. Метод оценки грозоградской активности территории по данным радиолокационной и грозопеленгационной сетей может быть полезен при расширении территорий противогрозовой защиты, для нужд МЧС, авиации, а также анализа последствий изменения климата.

3. Сделанный в работе вывод о том, что достоверность грозопеленгационных данных зависит от удаленности сигнала от всех грозопеленгаторов сети, необходимо учитывать при анализе временных рядов грозовой активности. Данные исследования различных районов Северного Кавказа использовались для создания зон с повышенной молниевой опасностью для МЧС КБР, что подтверждено актом внедрения.

Достоверность результатов, апробация, публикации.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается значительным объемом, разнообразием и полнотой данных, использованием физически и математически обоснованных методов

обработки, диагностики и контроля данных. разработанными и зарегистрированными программами для ЭВМ.

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на Всероссийских и Международных научных конференциях. По тематике диссертации опубликовано 56 работ, в том числе 19 в изданиях, рекомендованных ВАК, получены 9 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ и 3 патента на изобретения.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание, а опубликованные работы раскрывают основные положения исследования.

По диссертационной работе имеются **замечания.**

1. В первой главе сделан достаточно подробный обзор методов обработки радиолокационной информации, рассмотрены возможности существующих радиолокационных метеорологических сетей, описана ячейковая структура конвективных и слоистообразных облачных систем. Но программа диссертационного исследования, как анонсировано в автореферате, в явном виде не представлена.

2. В третьей главе не вполне понятно, как именно, по мнению автора, следует доработать алгоритм фильтрации сигналов от местных предметов, автоматизированной радиолокационной системой.

3. В четвертой главе статистический анализ грозовой активности с помощью системы LS800 проводился на основе элемента матрицы, разработанной для обработки радиолокационной информации. При этом разряды «облако-облако» были разделены по квадратам фиксации молний 500x500 м. Но пространственная структура молниевых разрядов может превышать принятый масштаб, поэтому размер элемента матрицы в этом случае лучше связать с точностью грозопеленгации.

4. В качестве рекомендации - интересно сравнить данные представленной грозопеленгационной системы с данными Всемирной сети локализации молниевых разрядов (WWLLN). Также для более полного анализа молниевой активности хорошо бы представить информацию об энергии вспышки, гистограммы и оценки значений для пиковых токов различной полярности: интегральную и по сезонам.

5. В тексте работы имеется ряд опечаток и стилистических погрешностей, в частности на стр. 86, 89 и 94 нарушена нумерация формул.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации, научной и практической значимости полученных результатов.

Заключение.

Совокупность представленных в диссертационной работе результатов следует квалифицировать как решение крупной научной проблемы:

исследования грозоградовой активности на основе комплексной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных для совершенствования технологии противогордовой защиты и штормоповещения, имеющей важное научное, народнохозяйственное и оборонное значение.

Содержание диссертации, выдвинутые научные положения и сформулированные выводы дают основание считать, что диссертация является научно-квалификационной работой, которая полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. п. 9-11, 13, 14 (ред. от 11.09.2021).

Автор, Жарашуев Мурат Владимирович, заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате.

Официальный оппонент

Куповых Геннадий Владимирович, доктор физико-математических наук по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология, профессор, заведующий кафедрой физико-математических основ инженерного образования Института компьютерных технологий и информационной безопасности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», 347904 г. Таганрог, Ростовская обл., пер. Некрасовский, 44 тел. +7(8634) 37-16-36, e-mail: kupovykh@sfedu.ru.

Г.В. Куповых

« 2 » марта 2026 г.

Я, Куповых Геннадий Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись

ЗАВЕРЕНО:

Научный сектор

Детлеков С.А.
04 03

20



Г.В. Куповых

« 2 » марта 2026 г.