

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
доктор экономических наук,
профессор



С.В. Зенченко

« 10 февраля 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Жарашуева Мурата Владимировича
**«Разработка методов и алгоритмов сопряжения и обработки
метеорологических данных для целей противоградовой защиты и
штормооповещения»**, представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности
1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Жарашуева М.В. посвящена вопросам исследования грозоградовой активности на основе комплексной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных для совершенствования технологий противоградовой защиты и штормооповещения.

Известные системы обработки радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации в основном ориентированы на оперативную практику и плохо адаптированы для исследовательской работы. Автором разработан комплекс алгоритмов и методов с помощью которых, можно исследовать грозоградовые процессы на любых территориях покрытых грозопеленгационной, радиолокационной и наземной сетью метеостанций и постов. Проведены масштабные исследования грозо-градовых процессов и получены важные результаты о повторяемости конвективных ячеек (КЯ) с ливневыми и градовыми осадками различной интенсивности, их многолетние, годовые и суточные ходы. Получены статистические данные о зависимости частоты пространственных точек с градовой, грозовой и ливневой опасностью от высоты, характеризующие вероятность встречи летательных аппаратов с

крупным, средним, слабым градом и грозовыми разрядами. Построены карты явлений погоды с указанием векторов направления, скорости перемещения КЯ и ведущего потока, а также методика краткосрочного прогноза местоположения явлений погоды, основанная на анализе объемных файлов радиолокационного обзора. Выведены закономерности суточного хода градовой активности в виде степенного аналитического выражения. Выполнен статистический анализ молниевой активности с помощью комплекса разработанных автором программ для ЭВМ в зависимости от рельефа местности по данным грозопеленгационной сети Северного Кавказа. В отличие от ранее выполненных работ исследование грозовой активности и параметров молний выполнено на основе деления исследуемой территории на элементарные ячейки с учетом высоты подстилающей поверхности над уровнем моря. Показана высокая эффективность исследования грозоградовой опасности на основе сопряжения грозопеленгационной и радиолокационной информации. Проведены детальные исследования грозовой активности на территории Северного Кавказа, выявлены наиболее грозо-градоопасные районы и показана зависимость грозовой активности от высоты местности. Получен временной ход частоты внутриоблачных грозовых разрядов и разрядов «облако-земля», а также токов разрядов положительной и отрицательной полярности в зависимости от стадии и тенденции их развития. Получены корреляционные взаимосвязи между данными МРЛ и данными наземной сети метеостанций. Проведены сравнительные исследования наземных и радиолокационных данных о количестве осадков. Синтезированы карты, позволяющие оценить погрешности распределения осадков по площадям.

Структура работы и основные результаты

Диссертационная работа Жарашуева М.В. состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Общий объем работы составляет 318 страницы, включая 117 рисунков и список литературы из 317 наименований.

Основными результатами работы являются следующие:

1. Разработана методика и программа для ЭВМ, позволяющие автоматизировать процесс идентификации, локализации и определения навеса радиоэха конвективных ячеек (КЯ), измерения их характеристик, построения графиков временного хода, определения тенденции их развития, направления и скорости перемещения, а также выделения навеса радиоэха градовых и градоопасных облаков. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ N2017618059 от 21.07.2017 г. «Программа автоматической идентификации конвективных ячеек» и патент России №

2395819 «Автоматизированная радиолокационная система штормооповещения и активных воздействий на облака». (Бюллетень № 21, 2010 г.)

Разработанная методика, отличающаяся от существующих, которые предназначены для оперативной работы и не позволяют проводить статистические исследования, ориентирована на статистические исследования. В новые алгоритмы был введен ряд корректировок, позволивших понизить степень ошибочно идентифицированных в процессе слияния или разделения КЯ. Также появилась возможность определять навес радиоэха, что не позволяют другие системы. В целом это позволяет повысить степень автоматизации системы наблюдения, воздействия и исследования грозоградовых процессов. При использовании данной методики представляется возможным более детально исследовать отдельные КЯ, определять стадию и тенденцию их развития.

2. Выполнен анализ качества радиолокационной информации на основе метода калибровки МРЛ по эталонному радиолокатору, и метода автоматической фильтрации аномального радиоэха по комплексным данным. Для реализации данных подходов разработана методика автоматической калибровки и программное обеспечение для ЭВМ. Получен патент России № 2818791 «Способ калибровки метеорадиолокаторов». (Бюллетень № 20, 2024 г.) Опубликовано две статьи в журналах рекомендованных ВАК, одна из которых опубликована в 2025 г.

Выполненный анализ показал, что контроль качества радиолокационной информации с использованием данной методики повышает оперативность и достоверность информации.

3. Используя разработанные технологии и программное обеспечение, выполнены исследования грозо-градовой активности Северного Кавказа и Крыма. В отличие от ранее использованных методов контроля градовой активности, исследования выполнены на основе нового метода автоматической идентификации КЯ, проведен математико-статистический анализ характеристик всех КЯ, зафиксированных на исследуемой территории за многолетний период.

3.1. На основе применения разработанного программно-технического комплекса проведена статистическая обработка и анализ огромного массива данных радиолокационных наблюдений облаков в период с 2002 по 2019 гг. и получены следующие результаты:

3.2. Впервые на обширном экспериментальном материале получены детальные статистические данные, как подтверждающие, так и расширяющие предыдущие исследования о повторяемости КЯ с ливневыми и градовыми

осадками различной интенсивности, их региональный, многолетний, годовой и суточный ход.

3.3. Детально изучены многолетний, годовой и суточный ход градоопасности двух регионов в отдельные годы и за все годы наблюдений. Установлены наиболее градоопасные периоды года и суток, выявлены региональные особенности в повторяемости КЯ градовых процессов разной интенсивности и соотношении количества КЯ со слабым, умеренным и интенсивным градом, а также с сильным, умеренным и слабым ливнем.

3.4. Получены статистические данные о зависимости частоты пространственных точек с градовой, грозовой и ливневой опасностью от высоты, характеризующие вероятность встречи летательных аппаратов с крупным, средним, слабым градом и грозовыми разрядами.

3.5. Построены карты явлений погоды с указанием векторов направления и скорости перемещения КЯ и ведущего потока, а также методика краткосрочного прогноза местоположения явлений погоды, основанная на анализе объемных файлов радиолокационного обзора.

3.6. Выведены закономерности суточного хода градовой активности в виде степенного аналитического выражения.

4. Выполнен статистический анализ молниевой активности с помощью комплекса разработанных автором программ для ЭВМ в зависимости от рельефа местности по данным грозопеленгационной сети Северного Кавказа.

В отличие от ранее выполненных работ исследование грозовой активности и параметров молний выполнено на основе деления исследуемой территории на элементарные ячейки с учетом высоты подстилающей поверхности над уровнем моря.

Показана высокая эффективность исследования грозоградовой опасности на основе сопряжения грозопеленгационной и радиолокационной информации.

Проведены детальные исследования грозовой активности на территории Северного Кавказа, выявлены наиболее грозо-градоопасные районы и показана зависимость грозовой активности от высоты местности. Получен временной ход частоты внутриоблачных грозовых разрядов и разрядов «облако-земля», а также токов разрядов положительной и отрицательной полярности в зависимости от стадии и тенденции их развития.

5. Получены корреляционные взаимосвязи между данными МРЛ и данными наземной сети метеостанций. Проведены сравнительные исследования наземных и радиолокационных данных о количестве осадков. Предложены методики автоматизированного сравнения радиолокационной и

наземной информации с использованием, как специальных баз данных, так и общедоступных средств сети интернет. Синтезированы карты, позволяющие оценить погрешности распределения осадков по площадям, выкладываемых региональными гидрометцентрами на сайт Росгидромета, автоматически скачивая и нанося метеорологическую информацию на радиолокационную карту. Это позволяет сопоставить радиолокационную карту осадков с данными сети метеостанций и постов.

Разработаны и внедрены программные комплексы для сравнения радиолокационной и наземной информации метеостанций и автоматического распознавания типа облаков по данным сети МРЛ.

Предложен и запатентован новый тип осадкомера (патент России № 2694274): плювиограф кровельного типа с большой площадью водосбора, позволяющий уменьшить погрешность измерения количества и интенсивности осадков и провести более точное сравнение радиолокационных и наземных данных.

6. Выполнено сопоставление многолетних статистических данных о грозовой и градовой активности исследуемой территории, что позволило формировать целостность временных рядов исследуемых данных для определения взаимосвязи градовой и грозовой активности.

Показано, что предложенные методы сопряжения и совместной обработки радиолокационных, грозопеленгационных и наземных данных обеспечивают повышение информативности метеорологических наблюдений, повышение точности распознавания явлений погоды и измерения осадков.

Разработаны **рекомендации** по совершенствованию технологии противоградовой защиты и штормооповещения. В частности, предлагается:

1. Использовать объектно-ориентированный подход к отображению метеорологических карт, позволяющий воспринимать данные не как матрицу (мозаику), а как объекты (КЯ).

2. Проводить калибровку всех МРЛ сети по эталонному МРЛ.

3. Автоматически фильтровать аномальное радиоэхо по разработанным методикам.

4. Проводить постоянный автоматизированный контроль информации как отдельных МРЛ, так и сети в целом с помощью грозопеленгационной и наземной информации.

5. Расширить возможности прогноза развития грозо-градовой активности за счет контроля прилегающей к МРЛ территории с помощью информации метеостанций и постов, наложенных на радиолокационные карты.

Некоторые разработанные методы, алгоритмы и программно-технические средства автоматизированной идентификации КЯ используются в практике противоградовой защиты, штормооповещения и метеообеспечения авиации. Их применение обеспечивает повышения эффективности противоградовой защиты, а также увеличивает оперативность радиолокационного исследования облаков и создание информационного банка данных об эволюции КЯ.

Новизна и практическая значимость

1. Полученные в работе статистические данные 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 грозоградовой активности территории по данным радиолокационной и грозопеленгационной сетей может быть полезен при расширении территорий противоградовой 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 облака от всех грозопеленгаторов сети, необходимо учитывать при анализе временных рядов грозовой активности. Климат наиболее грозоопасных районов от г. Эльбрус в северо-западном направлении низкогорья Кавказа, несмотря на небольшую высоту рельефа, определяется влиянием долин и равнин. Благоприятные условия для развития грозоградовых процессов отмечаются на наветренных склонах. Именно этим обусловлено то, что в среднем больше всего молниевых разрядов типа облако-облако встречается на высотах от 500 до 1000 м, а разрядов типа облако-земля на высотах от 1000 до 2000 м. При этом пик молниевой активности над любым рельефом помимо высокогорья, приходится на июнь. Для высокогорья же наблюдалось увеличение количества гроз на квадратный километр с мая по сентябрь. Данные исследования использовались для создания зон с повышенной молниевой опасностью для МЧС КБР, имеется акт внедрения.

4. Предложенный метод и алгоритмы калибровки радиолокационной сети по эталонному МРЛ позволяют с наименьшими финансовыми затратами контролировать достоверность радиолокационной информации сети МРЛ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017662371, 07.11.2017).

5. Разработанный автором метод автоматической идентификации КЯ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №

2017618059 от 21.06.2017) доведен до практического применения в противоградовых службах (имеется акт внедрения).

6. Разработанная автором методика, основанная на контроле показаний локаторов сети по данным одного откалиброванного МРЛ, позволяющая автоматически контролировать единообразие показаний сети штормооповещения (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017662371 от 07.11.2017), может быть использована для калибровки существующей сети штормооповещения.

7. Разработанная автором методика, позволяющая использовать общедоступные данные из сети интернет для сопоставления радиолокационной и наземной информации метеостанций и постов (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017662371 от 07.11.2017), внедрена в систему метеообеспечения (акт внедрения имеется).

8. Полученные карты распределения опасных аномальных грозоградовых процессов по территории КБР используются управлением МЧС РФ по КБР (акт внедрения имеется).

9. Результаты диссертационного исследования реализованы в общеобразовательных процессах в Кабардино-Балкарском государственном университете им. Х.М. Бербекова (имеется акт внедрения).

10. Работа является частью исследований в 2017-2019 годы по темам НИР ФГБУ «ВГИ», в которых автор являлся научным руководителем и ответственным исполнителем.

11. Данные разработанного осадкомера (патент России № 2694274), могут быть использованы для дополнения существующей сети метеостанций и постов.

12. Предложенные методы обработки данных могут быть использованы для комплексирования радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации, получения синтезированных карт, обеспечивающих повышение точности и информативности метеорологической информации при решении научных и практических задач (имеется акт внедрения).

Основные результаты исследования прошли апробацию на международных, всероссийских и региональных научных конференциях и опубликованы в 58 научных работах, включая 17 статей в журналах, входящих в ядро РИНЦ, из которых 10 выполнены автором единолично. Вместе с тем, наряду с очевидными достоинствами, работе присущ ряд недостатков, наиболее существенные из которых заключаются в следующем:

1. Недостаточно освещены все плюсы предложенных методов комплексной обработки грозопеленгационной, радиолокационной и наземной информации метеостанций и постов.

2. Не совсем понятно, почему при калибровке локаторов, автор выбирает в качестве средней зоны, область, отстающую на 5 км от линии, равноудаленной от двух МРЛ.

3. Распознавание явлений погоды осуществляется существующими методами ГУ «ГГО им. А.И. Войкова», а распознавание градовых и градоопасных облаков и категорий объектов воздействия методами ГУ «ВГИ», и, к сожалению, не сказано о возможности совершенствования этих методов на основе полученных данных о двумерных и трехмерных параметрах.

4. Имеющиеся в диссертации утверждения о внедрении некоторых результатов работы следует подтвердить актами внедрения, подписанными соответствующими организациями.

5. Было бы целесообразным несколько сократить первую главу, посвященную обзору состояния вопроса и несколько расширить разделы, касающиеся предлагаемых методов и статистического анализа радиолокационной информации.

6. В работе и автореферате имеются отдельные неудачные термины и опечатки.

Отмеченные недостатки лишь в незначительной степени влияют на качество работы в целом. Диссертация написана грамотным научным языком, аккуратно оформлена хорошо иллюстрирована. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Полученные в работе результаты достоверны, выводы и рекомендации обоснованы, имеют новизну, научную и практическую значимость. Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные положения диссертации. Основные результаты работы апробированы на различных научных конференциях и опубликованы в 53 научных статьях, значительная часть из которых без соавторов.

Диссертация М.В. Жарашуева представляет собой законченный научно-исследовательский труд, выполнена на высоком научном уровне. В работе решена важная для метеорологии задача исследования грозо-градовых процессов с использованием комплексной обработки грозопеленгационной, радиолокационной и наземной информации.

На основании вышеизложенного считаем, что рассматриваемая работа отвечает требованиям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, а ее автор Жарашуев Мурат Владимирович вполне заслуживает

присуждения искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Отзыв составлен заведующим базовой кафедрой анализа геофизической информации и метеорологических прогнозов физико-технического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», доктором физико-математических наук, профессором Закиняном Робертом Гургеновичем.

Отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры теоретической и математической физики совместно с базовой кафедрой анализа геофизической информации и метеорологических прогнозов физико-технического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (протокол № 12 от 09.02.2026 г.).

Присутствовало на заседании 15 чел. В обсуждении приняли участие: 8 чел.

Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

А.Р. Закинян,

доктор физико-
математических наук, доцент,
заведующий кафедрой
теоретической и
математической физики

Закинян Артур Робертович

доктор физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой теоретической и математической физики ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

e-mail: zakinyan.a.r@mail.ru

тел. 8 (865) 233-02-83

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ:
начальник отдела по
работе с сотрудниками УКА

ДС Горбачева

