

ОТЗЫВ

официального оппонента 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»

I. Диссертационная работа М.В. Жарашуева посвящена решению весьма актуальной научной проблемы: *«Совершенствование технологий противогодовой защиты и штормоповещения, базирующихся на сформулированном и реализованном способе кластеризации, в основе которого лежит учет физических процессов анализируемых опасных явлений, и согласованном анализе грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных по грозогодовой активности»,* имеющей важное научное, народно-хозяйственное и оборонное значение.

II. Актуальность

Современный этап развития методов и средств метеорологических наблюдений привел к оценке состояния и прогноза погоды, базой для которых становится сеть геофизического мониторинга, включающая в качестве составных частей радиолокационные, грозопеленгационные, наземные и спутниковые наблюдения и математическое моделирование. Высокая информативность метеорологических радиолокаторов (МРЛ) для обнаружения и оповещения об опасных явлениях погоды во многих странах привела к созданию государственных радиолокационных метеорологических сетей. Комплексирование потоков разнородных видов информации – радиолокационной, грозопеленгационной, спутниковых наблюдений с данными наземной сети метеостанций и результатами математических моделей погоды существенно повышает качество прогноза погоды, но требует не только применения высокопроизводительной вычислительной техники и современных программных средств, но также средств и методов согласованной обработки разнородной информации. Поэтому тема диссертации, посвященная совершенствованию технологий противогодовой защиты и штормоповещения, основанных на новом способе кластеризации и каталогизации анализируемых опасных явлений, а также на результатах согласованной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных, является актуальной.

III. Цель исследований

Является исследованием грозогодовой активности, предназначенное, в конечном итоге, для совершенствования технологий противогодовой защиты и штормоповещения и

основанное на предложенном и реализованном способе кластеризации и каталогизации анализируемых опасных явлений, а также на результатах согласованной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных.

IV. Структура и объем работы

Диссертационная работа М.В. Жарашуева состоит из Введения, пяти Глав, Заключения, Списка цитируемой литературы (317 наименований), содержит 318 стр. текста, 117 рисунков, 12 таблиц, 3 Приложения и 5 Актов (Справок) о внедрении (использовании) материалов работы.

Во **Введении**: обозначена цель, дано обоснование актуальности диссертационной работы, определён круг решаемых в ней задач, сформулированы выносимые на защиту научные положения, указаны их новизна, научная и практическая значимость.

В **Первой главе** представлен обзор состояния исследований по выбранному направлению исследования. В ней, на основе обзора научной литературы показано: а) поскольку кучево-дождевая облачность имеют ячейковую структуру, для распознавания явлений погоды необходимы методы и алгоритмы идентификации конвективных ячеек (КЯ); б) существующие системы обработки радиолокационной информации не предусматривают автоматической идентификации КЯ, измерения их координат и текущего состояния комплекса параметров, определения тенденции развития и распознавания явлений погоды в каждой КЯ; в) применяемые в России критерии распознавания КЯ были разработаны на основе ручных измерений.

Вторая глава посвящена разработке предложенной автором методики и программного обеспечения автоматической кластеризации облаков и КЯ. Реализация предложенных выше способов идентификации облаков и КЯ позволила сформировать инструмент оперативного и всестороннего исследования облачных систем и их КЯ для любого региона. Разработанный аппарат позволил на качественно новом уровне перейти к анализу статистическими методами грозовой активности и определить наиболее грозо- и градоопасные области исследуемых территорий. В этой же главе на основе метода автоматической идентификации КЯ был сформулирован и реализован новый метод обнаружения и распознавания фидерных облаков, а сопоставление в автоматизированном режиме радиолокационных и наземных данных позволило проанализировать развитие грозоградовых процессов на подступах к защищаемым территориям, предложить новый способ фильтрации аномального радиоэха.

В **Третьей главе**, на основании анализа длительных рядов непрерывных наблюдений, установлено: а) метод автоматической идентификации облаков и КЯ позволил в автоматическом режиме контролировать временной ход параметров исследуемых объектов, определять скорость и направление движения и оценивать их грозо- и градоопасность; б) метод автоматической идентификации площадок засева с высокой степенью точности

коррелировал с реальными данными воздействия на градовые процессы; в) метод автоматического сравнения радиолокационной и наземной информации позволил обнаружить основные причины расхождения показаний МРЛ и метеостанций; д) предложенный метод автоматизированной калибровки локаторов в сети проверен на практике, а реализованный подход к статистическому анализу молниевой активности позволил получить вероятностные оценки грозоградовой активности на территории Северного Кавказа.

Четвертая глава посвящена, на основе метода автоматической идентификации облаков, анализу градоопасности Северного Кавказа, выявлению наиболее градоопасных периода года и времени суток, в результате: а) впервые на обширном экспериментальном материале проанализированы данные о повторяемости КЯ с ливневыми и градовыми осадками различной интенсивности и выявлены закономерности их региональной, межгодовой, сезонной и внутрисуточной зависимостей; б) проведен сравнительный анализ градоопасности двух регионов (Северный Кавказ и Республика Крым) и выявлены наиболее градоопасные периоды года и времени суток, установлены региональные особенности в повторяемости КЯ со слабым, умеренным и интенсивным градом; в) в целях обеспечения безопасности полетов авиации получены статистические данные о частоте пространственных точек с градовой, грозовой и ливневой опасностью, характеризующими вероятность встречи с крупным, средним и слабым градом; г) исследована молниевая активность на территории Северного Кавказа и показано, что в среднем больше всего молний типа «облако-облако» встречается на высотах от 500 до 1000 м с максимумом молниевой активности в июне, а молний типа «облако-земля» – на высотах от 1000 до 2000 м, для высокогорья обнаружена тенденция к линейному увеличению количества гроз с мая по сентябрь; д) установлено распределение максимальных значений токов в каналах разрядов в зависимости от рельефа местности.

В *Пятой главе* рассмотрены вопросы модернизации и развития существующей радиолокационной сети, в итоге показано: а) метод автоматической идентификации КЯ позволяет снизить требования к квалификации персонала, проводящего активные воздействия на градовые процессы; б) участие автоматики в оценке тенденции развития КЯ позволяет противоградовой службе значительно сократить траты по активному воздействию на диссипирующие облака как первой, так и второй категорий; в) большая часть рассмотренных в работе методов и средств реализована на практике в программном комплексе обработки метеорологической информации при исследованиях грозоградовых процессов.

В *Заключении* суммированы основные результаты диссертационной работы.

V. Новизна проведенных исследований заключается в следующем.

1. Предложен и реализован новый метод локализации и распознавания облаков различных типов, идентификации и локализации КЯ, измерения координат, определения тенденции развития, направления и скорости перемещения каждой ячейки, наблюдаемых

МРЛ. Предложен и реализован на практике способ автоматического выделения навеса радиозха градовых облаков.

2. Разработаны и внедрены алгоритмы и программные комплексы для сравнения радиолокационной и наземной информации и автоматического распознавания типов облаков по данным сети МРЛ.

3. Проведено комплексное исследование грозопеленгационной информации, данных радиолокационных сетей, наземных данных метеостанций и постов на Северном Кавказе, проведена, в зависимости от рельефа местности, статистическая оценка грозоградовой активности и выявлены наиболее грозо- градоопасные районы на территории Северного Кавказа.

4. Проведен сравнительный анализ грозоградовой активности конвективных облаков на территориях Северного Кавказа и Республики Крым.

5. Разработан новый метод фильтрации аномального радиозха.

6. На основе метода автоматической идентификации КЯ и оценок временной динамики параметров каждой КЯ сформулированы рекомендации по оптимизации воздействия на облачные процессы.

VI. Научная и практическая значимость

Представленные в диссертации научные и научно-технические результаты:

1) могут быть использованы для уточнения электрической и микрофизической структуры конвективных облаков на различных стадиях их развития;

2) предложенные методы обработки данных могут явиться основой для модернизации и развития систем комплексирования радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации, получения синтезированных карт, обеспечивающих повышение точности и информативности метеорологической информации;

3) метод оценки грозоградовой активности территории может быть использован для оперативной диагностики и контроля, при расширении территорий противогорадовой защиты, для нужд МЧС и авиации.

VII. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность результатов, апробация, публикации

Обеспечивается весьма значительным объёмом, разнообразием и полнотой данных об исследуемых явлениях, использованием физически и технически обоснованных методов регистрации, обработки и интерпретации экспериментальных данных и подтверждается, в том числе, результатами, полученных другими исследовательскими коллективами и авторами в пересекающихся областях.

Положения, выносимые на защиту, находят своё подтверждение в тексте диссертации, а также в 56 научных работах, 16 из которых входят в международные базы цитирования (Web

of Science, Scopus) и перечень ВАК. Получено 3 патента и 9 свидетельства о госрегистрации программ для ЭВМ. Основные результаты и выводы по работе доложены и апробированы на Российских и международных конференциях и симпозиумах.

Тема диссертации тесно связана с научно-техническими и научно-исследовательскими работами, выполненными по Госзаданию.

В целом диссертация соответствует пунктам 1, 2 и 12 Паспорта специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».

VIII. Недостатки работы и замечания

1. Защищаемые положения:

а) *первое защищаемое положение* представляется неудачно сформулированным – из текста положения никак не следует то, что в работе сформулирован и реализован новый способ кластеризации конвективных ячеек и навесов градовых облаков, основанный на физических механизмах, определяющих существование и динамику исследуемых явлений, а также процессы расщепления КЯ;

б) *третье защищаемое положение* – в тексте положения отсутствуют приведенные в 4-ой Главе установленные факты о суточной, сезонной и межгодовой зависимостях градовой активности конвективных облаков;

в) *пятое и шестое защищаемые положения* следовало бы объединить;

г) *седьмое защищаемое положение* не содержит конкретных рекомендаций, тех, которые приведены в п. 6 Выводов по 5-ой Главе.

2. Прочие замечания:

а) в диссертации предложен метод фильтрации аномального радиоэха, зарегистрированного на одной из МРЛ, однако нет анализа ситуации, когда аномальное радиоэхо регистрируется одновременно на обоих МРЛ;

б) в конце 1-ой главы отсутствует заключительный раздел, анонсирующий разрабатываемые в диссертации материалы и методы;

в) термины гроза «облако-облако», гроза «облако-земля» – относятся, по-видимому, к молниевым разрядам соответствующего типа;

г) в тексте диссертации и автореферата встречаются неудачные выражения, синтаксические и орфографические ошибки (например, в автореферате указано на 9, а в диссертации на 89 свидетельств на регистрацию программ, на стр. 42 диссертации приведено перечисление без оглавления списка, часть рис. имеет неверную нумерацию и т.д.).

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненного диссертационного исследования и не влияют на научную и практическую значимость работы.

IX. Заключение

Совокупность представленных в диссертации результатов следует квалифицировать как решение важной научной проблемы: *«Совершенствование технологий противорадовой защиты и штормоповещения, базирующееся на сформулированном и реализованном способе кластеризации, в основе которого лежит учет физических процессов анализируемых опасных явлений, и согласованном анализе грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных по грозоградовой активности»*. Содержание диссертации, выдвинутые научные положения, результаты исследований и их освещение в научной и научно технической литературе дают основание заключить, что диссертация *М.В.Жарашуева «Разработка методов и алгоритмов сопряжения и обработки метеорологических данных для целей противорадовой защиты и штормоповещения»*, является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема, соответствующая требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук.

Автореферат диссертации в полной мере отражает её содержание.

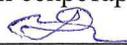
Нагорский Петр Михайлович,
доктор физ.-мат. наук (специальность 11.00.11 – «охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»), профессор,
главный научный сотрудник лаборатории физики климатических систем
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск.

Почтовый адрес: 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3
E-mail: npm_sta@mail.ru тел.: 8-(382)-249-15-65

Я, Нагорский Петр Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Гл. научн. сотр. ИМКЭС СО РАН, г. Томск,
доктор физ.-мат. наук, профессор

П.М. Нагорский

Подпись г.н.с. П.М. Нагорского заверяю
Ученый секретарь ИМКЭС СО РАН,
к.г.н.  Н.Н. Чередыко

03 марта 2026 г.

