

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Синькевича А.А. на диссертационную работу Жарашуева Мурата Владимировича: «Разработка методов и алгоритмов сопряжения и обработки метеорологических данных для целей противорадовой защиты и штормоповещения», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности - 1.6.18 – науки об атмосфере и климате.

Диссертационная работа Жарашуева М.В. посвящена исследованию грозоградовых процессов с помощью радиолокаторов, грозопеленгационной системы и наземных наблюдений. С развитием техники и технологии расширяются возможности исследования грозоградовых процессов с использованием различных типов метеорологической информации. Как во всем мире так и в России разворачиваются обширные радиолокационные, грозопеленгационные и наземные сети контроля погодных явлений, позволяющие распознавать явления погоды, их грозо- и градоопасность, оповещать об опасных явлениях. Во многих странах созданы радиолокационные метеорологические сети, радиолокационная информация успешно используется для обеспечения безопасности полетов авиации, оповещения об опасных явлениях погоды, в краткосрочных и сверхкраткосрочных прогнозах погоды, для гидрологических прогнозов и работах по воздействиям на облака с целью предотвращения града, искусственного увеличения осадков и др.

Методы обработки радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации достаточно хорошо развиты. Однако многие проблемы совместного использования различных типов метеорологической информации не до конца решены, что накладывает существенные ограничения на возможности исследования опасных явлений погоды. Исследование опасных явлений погоды с использованием грозопеленгационной, радиолокационной и наземной информации метеостанций и постов это сложный и трудоемкий процесс. Обработка огромных массивов данных в ручном режиме требует больших затрат времени.

В диссертации Жарашуева М.В. решается задача исследования грозоградовой активности на основе комплексной обработки грозопеленгационных, радиолокационных и наземных данных для совершенствования технологии противорадовой защиты и штормоповещения. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения.

Научная значимость работы Жарашуева М.В. заключается в том, что разработаны новые автоматизированные методы, алгоритмы и программы для обработки радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации метеостанций и постов. Определены погрешности измерения количества осадков МРЛ по данным наземной сети метеостанций и постов, проведено комплексное исследование грозопеленгационной информации с учетом разработанных в рамках диссертационной работы методов сбора и обработки метеорологической информации. Разработаны и внедрены программы для сравнения радиолокационной и наземной информации для автоматического распознавания типа облаков по данным сети МРЛ. Впервые созданы методика и программа автоматического выделения навеса радиоэха градовых облаков, что очень важно при проведении противорадовых работ. Выполнены исследования грозовой активности на территории Северного Кавказа и выявлены наиболее грозоградоопасные районы. Разработаны новые рекомендации по оценке эффективности воздействия на облака.

На основе применения предложенных методов обработки радиолокационной, грозопеленгационной и наземной информации проведены обширные статистические исследования градовых процессов Северного Кавказа и Крыма, в результате которых получены новые данные о повторяемости облаков с ливневыми и градовыми осадками различной интенсивности.

Работа состоит из введения, 5-и глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 337 страниц, в том числе 117 рисунков, список литературы включает 317 наименований.

Диссертант активно участвовал в многочисленных конференциях, опубликовал 53 работы (в том числе в соавторстве), что является хорошим показателем научной активности. Материалы диссертации изложены в 12 научных статьях, опубликованных в журналах, рекомендуемых ВАК.

**Во введении** обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, показана научная и практическая значимость результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. К таким положениям относятся: метод и программа автоматизированной идентификации навеса радиоэха градовых и градоопасных облаков, результаты анализа качества радиолокационной информации, результаты исследования градовой и грозовой активности конвективных облаков, данные статистического анализа молниевой активности в зависимости от рельефа местности, рекомендации по совершенствованию технологии противоградовой защиты и штормоповещения. Представлена информация о конференциях и совещаниях, в которых принимал участие автор, а также о публикациях.

**В первой главе** анализируется состояние проблемы обработки радиолокационной информации. Подробно рассматриваются отечественные и зарубежные программы вторичной обработки информации. Обсуждаются их достоинства и недостатки. Обзор этих систем сделан на высоком профессиональном уровне, является важным, т.к. позволяет наметить пути совершенствования отечественного программного обеспечения. Детально обсуждаются вторичные продукты радиолокационной информации, особенно доступные в РФ. Рассматривается метод калибровки отечественных радиолокаторов по измерениям наземной осадкомерной сети. Однако здесь автор избегает оценки возможных погрешностей такой калибровки, а также обоснованности данного метода. Это же относится и к калибровке радиолокаторов по наземной сети для фиксации опасных явлений. Возникает естественный вопрос: "Соответствует ли такой метод калибровки современному уровню развития техники?".

Диссертант анализирует современные представления о структуре радиоэха грозоградовых облаков. Анализ сделан на хорошем уровне.

Представлено достаточно детальное описание грозопеленгационной системы LS-8000. Результаты измерений характеристик гроз, полученные данной системой, были использованы при дальнейшем анализе грозоградовых процессов. При этом в обзоре отсутствуют сведения о результатах каких-либо сравнений LS-8000 с другими грозопеленгационными системами.

**Вторая глава** посвящена разработке методов, алгоритмов и программ повышения информативности автоматизированных радиолокационных наблюдений, включая задачи идентификации облаков и облачных ячеек, автоматизации выработки места засева градовых облаков, автоматической калибровки МРЛ,

фильтрации радиоэха аномальной рефракции, сопоставления радиолокационной и наземной информации. Глава носит методический характер. Приводятся формулы для определения отражаемости. Важным является разработка программного обеспечения, которое позволяет нумеровать радиолокационные ячейки и проследить их развитие. В значительной степени это является продолжением идей заложенных в программе Titan, однако здесь имеются и значительные отличия, которые обеспечивают получение более полного набора данных о характеристиках ячеек. Приводятся методы и алгоритмы автоматического распознавания навеса радиоэха градовых облаков. Эта часть имеет важное значение, т.к. положение навеса радиоэха используется в оперативных работах по воздействию на облака с целью предотвращения града. С использованием радиолокационной информации был разработан новый метод обнаружения и распознавания фидерных облаков, которые являются объектами воздействия. Уделено значительное внимание методу фильтрации аномального радиоэха. Приводятся также примеры идентификации конвективных ячеек разного масштаба в разных облачных системах, подробная методика определения грозо- и градоопасности исследуемых территорий в зависимости от рельефа местности. Разработан метод автоматического сравнения данных МРЛ и метеопостов сети Росгидромета о суммарных осадках. В целом, глава демонстрирует большой объем выполненной методической работы и работы по созданию программных средств. Это является очень важной и полезной частью рассматриваемого исследования.

Имеются замечания по данной главе.

На странице 88 утверждается: “Как показывает практика, по ходу перемещения градового облака на более низкой высоте, чем само градовое облако, сосредоточены так называемые фидерные облака, имеющие достаточно высокий водозапас, которые, подпадая в восходящие потоки движущегося градового облака, затягиваются в верхнюю его часть, где формируется град, и постоянно подпитывают его. Вследствие такой подпитки градовое облако начинает быстро расти в размерах”. Высота нижней границы градовых облаков может быть ниже, чем у фидерных. Утверждение автора не очень понятно. Фидерные облака не являются пассивной примесью, что означает термин “затягиваются”?

На странице 88 утверждается: “При этом скорость восходящего потока фидерных облаков зависит от скорости главного восходящего потока, так как является его составной частью.” Скорость восходящего потока в облаке определяется стратификацией атмосферы, выделением скрытой теплоты при конденсации и кристаллизации. Возникает естественный вопрос о соотношении между скоростью восходящего потока, возникающего за счет процессов, происходящих в облаке, и внешнего потока. Следует выполнить оценки соответствующих скоростей и их соотношений.

**Третья глава** содержит результаты исследования облаков с использованием разработанного программного обеспечения. Исследования были проведены в различных условиях, в разные времена года и по данным разных МРЛ. Анализируемый период включает период времени с 2002 по 2020 года.

Показано, что метод автоматической идентификации облаков позволяет в автоматическом режиме контролировать временной ход их параметров, определять скорость и направление движения, оценивать грозо- и градоопасность. При использовании данного программного обеспечения можно в автоматическом режиме определять место воздействий в работах по предупреждению града.

При сопоставлении данных измерений осадков по радиолокационным измерениям и наземным имеют место большие расхождения. Непонятно, следует ли из этого результата вывод о том, что используемая методика калибровки радиолокаторов на сети Росгидромета не обеспечивает необходимую

точность? Следует также пояснить, существует ли верхний предел интенсивности осадков, когда такая калибровка возможна. Как быть, если осадки включают град и являются очень интенсивными?

Выполнена проверка метода автоматической калибровки радиолокационной сети по эталонному локатору. Работа в этом направлении имеет большое значение, т.к. позволяет упростить калибровку радиолокаторов после введения поправок. Диссертант провел работу по сравнению измерений двух радиолокаторов. Из результатов работы непонятно, какие сделаны выводы – обеспечивает ли такая процедура достаточную точность измерений?

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований грозоградовых облаков с применением разработанных методов и алгоритмов.

С помощью метода автоматической идентификации конвективных ячеек были проведены исследования градовых облаков на Северном Кавказе. Автоматическая обработка позволила провести статистический анализ большого массива данных радиолокационных наблюдений Ставропольского АМРК «АСУ-МРЛ» в период с 2002 по 2018 гг. Повторяемость градовых облаков рассчитывалась на площади радиусом 200 км вокруг Ставропольского АМРК «АСУ-МРЛ». Не очень понятно, можно ли использовать одинаковые критерии для определения наличия града в облаках, расположенных вблизи радиолокатора и на удалении вплоть до 200 км. Кроме того выполнен расчет повторяемости градовых облаков в Крыму в период 2004 – 2009 гг.

За период 2009 – 2020гг исследован годовой ход молниевой активности. Показано, что максимум молниевой активности над любым рельефом, помимо высокогорья, приходится на июнь. Для высокогорья же наблюдалось увеличение количества гроз на квадратный километр с мая по сентябрь. Было получено распределение максимальных значений токов в каналах разрядов в зависимости от рельефа местности.

**Пятая глава** диссертации посвящена применению разработанных методов, повышающих информативность метеоданных, как в оперативной работе на сети штормоповещения и противоградовой защите, так и в статистических исследованиях закономерностей грозоградовой активности. Предложен новый тип осадкомера большой площади, выполнены эксперименты по сравнению данных об осадках, полученных с использованием разработанного осадкомера и стандартных. Разброс данных измерений оказался достаточно большим. Здесь следует отметить, что диссертант при анализе расхождений использует термин “ошибки”, хотя надо говорить о погрешностях измерений.

С развитием техники и технологии возрастают требования к качеству получаемой и обрабатываемой метеорологической информации. Современные технические средства позволяют сопрягать и комплексировать различные типы метеорологической информации, что в свою очередь, приводит к повышению достоверности и адекватной оценке метеорологической ситуации, а также выявлению закономерностей определенных метеорологических процессов, наблюдаемых на исследуемых территориях. Этому вопросу уделяется значительное внимание в данной главе.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы

**Список литературы** включает 317 источников. Обзор литературы сделан достаточно тщательно.

Имеется общее замечание по диссертации. В ней приводится обширный материал измерений, большое количество диаграмм и графиков. При этом автор недостаточно полно анализирует полученные закономерности, не делает соответствующих выводов из этих результатов. Выводы часто носят слишком общий характер, хотя в работе получены конкретные результаты.

Утверждения автора о внедрении и практическом применении результатов работы не подтверждаются соответствующими актами внедрения.

### Заключение.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком уровне. В работе решена сложная и важная для метеорологии научная и практическая проблема.

Основные выводы и результаты работы не вызывают сомнений, так как базируются на обработке большого массива данных с применением современных методов анализа. Многие закономерности и выводы, известные в какой-то степени и ранее, в данной работе получены на обширном статистическом материале, поэтому носят фундаментальный характер и могут использоваться в теоретических исследованиях грозоградовых процессов, обеспечении безопасности полетов авиации и задачах теоретического моделирования.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. В 53 опубликованных работах достаточно полно отражены основные положения и результаты диссертационной работы.

Сделанные рецензентом замечания и пожелания не снижают ценности работы, а в значительной степени направлены на рекомендации для дальнейших исследований.

Считаю, что диссертационная работа Жарашуева Мурата Владимировича "Разработка методов и алгоритмов сопряжения и обработки метеорологических данных для целей противогрозовой защиты и штормоповещения", представленная на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, полностью соответствует требованиям ВАК, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате.

Официальный оппонент,  
Синькевич Андрей Александрович  
доктор технических наук  
(11.00.09. Метеорология, климатология, агроклиматология)

д.27, пос. Воейково, Всеволожский район, Ленинградская обл., Россия, 188685  
Тел. +79062262149  
sinkevich51@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова" (ФГБУ "ГГО")


Главный научный сотрудник

  
(подпись) А.А. Синькевич  
(инициалы, фамилия)

15.04.2024 г.

Я, Синькевич Андрей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Жарашуева Мурата Владимировича, и их дальнейшую обработку.

15.04.2024 г.

  
(подпись) А.А. Синькевич  
(инициалы, фамилия)

Подпись руки заверяю  
Зав. отделом кадров ФГБУ "ГГО"



Потапова С.Н.