

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.365.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.06.2026 № 24

О присуждении Тороповой Марине Леонидовне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование грозových облаков по данным дистанционных измерений и численного моделирования» по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате» принята к защите 24.04.2026 г. (протокол заседания №23) диссертационным советом 24.2.365.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д.79, созданного приказом № 61/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель – Торопова Марина Леонидовна, гражданка Российской Федерации, 11 мая 1993 года рождения. В 2016 году соискатель окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». В 2025 году Торопова М.Л. сдала кандидатские экзамены по научной специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате» (справка о сдаче кандидатских экзаменов № 445/АС-109 выдана 09.02.2026 г.), в 2026 г. прикрепила для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров к аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО»). Работает в должности старшего научного сотрудника в ФГБУ «ГГО».

Диссертация выполнена в Отделе геофизического мониторинга и исследований Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова».

Научный руководитель – доктор технических наук, Синькевич Андрей Александрович, главный научный сотрудник Отдела геофизического мониторинга и исследований Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова».

Официальные оппоненты:

Иудин Дмитрий Игоревич, доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, доцент по специальности, заведующий кафедрой медицинской биофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава РФ);

Коровин Евгений Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий и средств геофизического обеспечения Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, в своем положительном отзыве, подписанном Аджиевым Анатолием Хабасовичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим Отделом стихийных явлений, Кеферовой Залиной Музариновной, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Отдела стихийных явлений и Агзаговой Мадией Борисовной, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Отдела стихийных явлений указала, что диссертация Тороповой М.Л. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения и разработки, имеющие существенное значения для развития страны. Работа соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Торопова Марина Леонидовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ в рецензируемых журналах по теме диссертации, в том числе 13 публикаций в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Торопова М. Л.**, Синькевич А. А., Павар С., Гопалакришнан В., Михайловский Ю. П. Характеристики грозовых облаков муссонного и постмуссонного периодов в Индии // Метеорология и гидрология. 2022. № 8. С. 68-79.

2. Синькевич А.А., **Торопова М. Л.**, Михайловский Ю.П., Попов В.Б., Павар С., Гопалакришнан В. Особенности взаимосвязей электрических и радиолокационных параметров грозовых облаков в Индии (натурные исследования) // Метеорология и гидрология. 2021. №6. С. 99-106.

3. **Торопова М. Л.** Параметры конвективных облаков при переходе в грозовую стадию по данным трехмерного численного моделирования // Труды ГГО. 2021. Вып. 602. С. 23–41.

4. **Торопова М. Л.**, Веремей Н. Е., Михайловский Ю. П., Куров А. Б., Синькевич А. А. Прогноз развития грозовых облаков с использованием ансамблевого подхода на базе моделей малой размерности // Гидрометеорология и экология. 2023. № 72. С. 432–448.

5. **Торопова М. Л.**, Веремей Н. Е., Синькевич А. А., Куров А. Б., Федотова Г. Д. Исследование эффективности активных воздействий на град // Труды ГГО. 2024. Вып. 614. С. 60–72.

6. **Торопова М. Л.**, Русин И.Н. Воспроизведение стратификации атмосферы с целью прогноза конвективных явлений при помощи мезомасштабной модели WRF-ARW // Труды ГГО. 2019. Вып. 593. С. 160–176.

7. Синькевич А. А., Довгалюк Ю. А., Веремей Н. Е., Куров А. Б., Михайловский Ю. П., Богданов Е. В., **Торопова М. Л.**, Игнатъев А. А., Аджиев А. Х., Малкарова А. М., Абшаев А. М., Гопалакришнан В., Муругавел П., Павар С. Д. Исследования развития грозо-градового облака. Часть 3. Численное моделирование эволюции облака // Метеорология и гидрология. 2017. №8. С. 18 – 28.

8. Довгалюк Ю.А., Веремей Н.Е., Синькевич А.А., Михайловский Ю.П., **Торопова М. Л.**, Попов В.Б., Лу Дж., Янг Дж. Исследования механизмов электризации и связи частоты электрических разрядов с радиолокационными характеристиками грозового облака в Китае // Метеорология и гидрология. 2020. №10. С. 63-72.

9. Довгалюк Ю. А., Веремей Н. Е., Синькевич А. А., Михайловский Ю. П., **Торопова М. Л.**, Янг Д., Сун М. Влияние сильного аэрозольного загрязнения воздуха на эволюцию конвективных облаков во время грозы в Китае по результатам трехмерного численного моделирования // Метеорология и гидрология. 2022. № 3. С. 55-67.

Все публикации соответствуют теме диссертации и раскрывают её основные положения, недостоверных сведений об опубликованных соискателем учёной степени работ не выявлено.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв официального оппонента **Иудина Дмитрия Игоревича**, доктора физико-математических наук, доктора биологических наук, заведующего кафедрой медицинской биофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава РФ).

Отзыв положительный. Замечания:

- Некоторые сокращения не определены в тексте диссертации, например – ОЯ (опасные явления) стр. 16. Там же на стр. 16 введено сокращение ОКЯ, больше оно нигде не появляется. Это же относится и к автореферату диссертации.

- При сравнении результатов исследований с данными литературы мировая практика в предметной области диссертационной работы освещена слабо. Так, в работе большое внимание уделено грозам в Индии в периоды муссонов, постмуссонов и т.д. Между тем, в Индии есть группа под руководством Сумайжёти Яна (бывший аспирант Рохита Чакраборти, <https://www.researchgate.net/profile/Soumyajyoti-Jana>) в Индийском институте тропической метеорологии в Пуне. Группа проводит исследования атмосферных возмущений, связанных с конвективными процессами с использованием радиотехнических и оптических методов в тропическом регионе. Например, в одной из недавних работ группы «Прогнозирование молнии с помощью измерений электрического поля, связанных с конвективными событиями в тропическом регионе» (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-023-03229-7>) была предложена модель для

прогнозирования ударов молнии во время муссонных и предмуссонных периодов и с помощью измерений электрического поля осуществлён краткосрочный прогноз молний во время конвективных явлений в тропическом городе Калькутта (столица штата Западная Бенгалия) в дельте Ганга на востоке Индии. К сожалению, в диссертационной работе отсутствуют ссылки на работы данной группы. Далее, в главе 2 есть раздел 2.6. про корреляцию молний и объемов облака с заданными параметрами отражаемости. Подобные работы есть как у российских коллег (например, Дементьева С. О., Ильин Н. В., Шаталина М. В., Мареев Е. А. Прогноз конвективных явлений и его верификация по данным наблюдений атмосферного электричества // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2020, Т. 56, № 2, стр. 150-157), так и зарубежных коллег (например, Liu, C., D. J. Cecil, E. J. Zipser, K. Kronfeld, and R. Robertson (2012), Relationships between lightning flash rates and radar reflectivity vertical structures in thunderstorms over the tropics and subtropics, J. Geophys. Res., 117, D06212, doi:10.1029/2011JD017123 и Liu D., Yu H., Sun C. Estimation of lightning activity of squall lines by different lightning parameterization schemes in the Weather Research and Forecasting Model // Remote Sens. 2023. V. 15. P. 5070. DOI: 10.3390/rs15205070).

- Полуторамерная модель, раздел 3.1.1. Это модель осесимметричного цилиндрического облака. В диссертации приведено только краткое (даже слишком) описание используемой модели. Приведено разрешение по вертикали (200 м), но не приведены пространственные масштабы всего облака – радиус цилиндра и высота верхней части облака. Начальными данными являются чаще всего данные радиозондирования, откуда следует логичный недостаток в точности - зонд не позиционируется в пространстве, поэтому под действием горизонтальных ветровых нагрузок может уходить в сторону и измерять не вертикальный профиль, а вертикальный профиль со смещением. На сколько отклонение от вертикали может быть существенным при использовании полуторамерной модели для оценки влияния на прогноз грозовых облаков отклонений в стратификации атмосферы, полученной с помощью мезомасштабной модели WRF (Weather Research and Forecasting), по сравнению с данными аэрологических наблюдений. Каким образом на зонде фиксируются отсечки по высоте и могут ли здесь возникнуть проблемы с неравномерностью данных?

- Трёхмерная модель, раздел 3.1.2. Представленная в диссертационной работе модель описана, однако недостаточно подробно, отсутствуют важные подробности. Здесь тоже хотелось бы видеть чёткие данные про пространственное разрешение и размер моделируемой области. В диссертационной работе указано, что выходные данные модели содержат временные ходы максимальных значений характеристик (высота, верхней границы облака, скорости восходящих/нисходящих потоков, интенсивность дождя, интенсивность града, радиолокационная отражаемость, водность облачных и дождевых капель, ледность градин и облачных кристаллов и проч.) с шагом 1 сек. Хотелось бы понять как при этом реализуется широкое распределение перечисленных параметров в графическом представлении результатов моделирования.

- В разделе 3.2.1 речь идёт про электрическую структуру на разных этапах развития облака. Если по осям на рис. 3.3 указаны километры, то получается, что на развитой стадии грозовое облако имеет высоту всего 6-8 км. Это специфика Северного Кавказа? Здесь однозначно нужен комментарий.

- В разделе 3.2.2 представлены результаты исследования влияния аэрозольного загрязнения на характеристики облаков на примере Пекина. Здесь важно отметить, что китайские коллеги еще в 2015 году провели подобное исследование с помощью модели WRF на идеализированной континентальной грозе (case study) и еще дополнительно показали, что зарядовая структура становится инвертированной (Pengguo Zhao, Yan Yin, Hui Xiao. The effects of aerosol on development of thunderstorm electrification: A numerical study // Atmospheric Research 153 (2015) 376–391 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.09.011>). Однако в диссертации отсутствуют как ссылки на данную работу, так и сравнения с какими-либо другими источниками.

- В разделе 3.2.5 представлены результаты исследования воздействия противоголового реагента. Как результаты этого пункта, так и результаты пункта 3.2.3 неплохо было бы сравнить с данными следующей работы: Стасенко В. Н., Шаповалов В. А., Гузоев Т. Х., Гучаева З. Х., Машуков И. Х. Анализ вариаций грозовой активности и градового процесса (19 августа 2015 года. Северный Кавказ) // Метеорология и гидрология 2024 № 6. В этой работе также рассматриваются грозоградовые облака на Северном Кавказе, активное воздействие и характеристики молний. Там есть косвенные свидетельства инвертированной зарядовой структуры и есть данные по активным воздействиям. Вывод автора диссертационной работы о том, что при воздействиях увеличивается частота электрических зарядов в указанной работе не подтверждается. Может ли быть это связано с другой тактикой применения активного воздействия?

- Раздел 3.3 содержит анализ результатов моделирования представленной 3D моделью 10 гроз в разных регионах (Питер, Кавказ, Китай). Отсутствует сравнение результатов с другими литературными источниками, в частности с указанными в замечаниях по второй главе. Автор отмечает, что при написании настоящего раздела использовались материалы статьи, опубликованной соискателем [Торопова, 2021]. Однако этой статьи нет в списке литературы, хотя её и можно найти в списке работ автора на стр. 10 диссертации. Далее, данные, которые получены для этих 10 гроз усредняются и подаются соискателем как третье положение, выносимое на защиту (см. автореферат, стр. 6). С прицелом на будущую докторскую диссертацию соискателя, я бы не рекомендовал усреднение 10 конкретных гроз называть статистическими характеристиками облаков. Мы накидаем туда 20 облаков из Флориды и все эти медианы съедут.

- Разделы 3.4.1. и 3.4.3. Почему выбраны именно эти, а не другие параметризации микрофизики? Был ли какой-то контроль базовой точности моделирования, например, по радиолокационной отражаемости? Далее в разделе 3.4.3 автор пишет «В модельной атмосфере оказывается завышен уровень конденсации и занижены те параметры неустойчивости, которые рассчитываются с использованием приземных значений метеорологических параметров». Вот это как раз очень сильно зависит от параметризации микрофизики. Далее на стр. 104 читаем: «В модельной атмосфере оказывается завышен уровень конденсации и занижены те параметры неустойчивости, которые рассчитываются с использованием приземных значений метеорологических параметров. Так, энергия неустойчивости CAPE по данным наблюдений составляла 790 Дж/кг, а по результатам мезомасштабного моделирования она была равна 0». Данное утверждение автора вызывает большие сомнения. Если модель в принципе показала грозу, то CAPE вряд ли может быть нулём. Скорее можно поверить в то, что по какой-то причине (нет в

параметризации, отключен вывод, т.п.) мог быть не посчитан какой-то параметр, входящий в CAPE, и из-за этого на выходе получен 0.

2. Отзыв официального оппонента **Коровина Евгения Александровича**, кандидата технических наук, старшего преподавателя кафедры технологий и средств геофизического обеспечения Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского».

Отзыв положительный. Замечания:

- Используемые в работе радиолокаторы (ДМРЛ-С, МРЛ-5, WR-100) существенно различаются по техническим характеристикам – длине волны (5,3; 10 и 5,4 см соответственно), методике вторичной обработки данных (программы «ГИМЕТ-2010» и TITAN). Аналогично различаются и системы регистрации разрядов (Blitzortung, LS8000, MLLN), обладающие разной чувствительностью и точностью локализации. В тексте диссертации недостаточно подробно обсуждается возможное влияние этих различий на результаты межрегионального сравнения характеристик облаков.

- Имеются отдельные неоднозначности в описании измерительной и временной базы. В частности, период обзора радиолокатора WR-100 (штат Карнатака) в таблице 2.1 указан равным 3,5 мин, тогда как в тексте раздела 2.1 – 7,5 мин; при этом частота разрядов рассчитывалась исходя из интервала 3,5 мин. Кроме того, шаг сетки заблаговременности при анализе перехода в грозовую стадию (3 и 11 мин) не вполне согласуется с заявленными периодами обзора различных радиолокаторов. Кроме того, в работе не приведены сведения о разрешающей способности метеорадиолокаторов (горизонтальной и вертикальной), их углах сканирования и наборе углов места – в таблице 2.1 этих сведений нет. В разделе 2.1 (с. 32) указано лишь, что использовались осредненные по пространству данные с разрешением 1 км, что обеспечивает формальную сопоставимость, однако не устраняет различий в физическом разрешении луча на рабочих дистанциях 30-120 км, обусловленных шириной диаграммы направленности и длительностью импульса каждого из приборов.

- Используемое в тексте работы выражение «электрические характеристики облаков» применительно к величинам, получаемым системами регистрации грозových разрядов (частота разрядов, тип разряда, сила тока) является не вполне строгим. Указанные характеристики относятся непосредственно к электрическим разрядам, связанным с облаком, а не к свойствам облака как такового.

- В тексте автореферата (положения, выносимые на защиту, п.3) и в соответствующих местах диссертации для микрофизических фракций модели используется термин «крупные ледяные частицы» (ледность 0,9 и 4,0 г/м³), тогда как в других местах работы для аналогичных результатов применяются термины «градины», «крупка» и «кристаллические осадки». Подобные терминологические разночтения встречаются неоднократно и затрудняют восприятие материала и сопоставление результатов.

- В тексте работы встречаются отдельные опечатки, неточности оформления и стилистические шероховатости. В частности, в нумерации разделов главы 3 присутствуют два раздела с одинаковым номером «3.5» (раздел о результатах ансамблевого прогноза и раздел «Выводы к главе 3»); встречаются и иные погрешности (например, «увеличивается

частота электрических зарядов» вместо «разрядов»). Это, однако, не препятствует пониманию содержания работы.

3. Отзыв ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения «Высокогорный геофизический институт».

Отзыв положительный. Замечания:

- На рисунках радиолокационных сечений грозового облака в Индии (Приложение Б, стр. 136) не приведена шкала значений радиолокационной отражаемости.

- По всей работе используются различные обозначения одних и тех же величин – так, для высоты верхней границы облака (высоты радиоэха) имеется 4 таких обозначения.

- При анализе распределений доли разрядов «облако-земля» и «облако-облако» в Индии приводятся данные, объединенные для обоих сезонов – муссонного и постмуссонного (стр. 44). Остается неясным, есть ли различия для облаков различных сезонов.

- При анализе зависимости частоты разрядов от радиолокационных параметров приводятся данные о связях с радиолокационным параметром dV35 - объем переохлажденного объема облака с отражаемостью более 35 dBZ (временные ряды развития параметров облаков разных регионов). Нет пояснений, чем обоснован такой выбор параметра.

- При выполнении регрессионного анализа построены модели одномерной линейной регрессии и сделан вывод, что такие модели в большинстве случаев не могут описать исследуемые связи. Было бы полезно построить нелинейные модели и рассмотреть вариант множественной регрессии.

- Рис. 3.9 на стр. 96 (нормированные величины параметров облаков при начале разрядов) сложный и трудночитаемый. Так, анализ влияния температурно-влажностного строения атмосферы, сгруппированный в тексте по учитываемым физическим процессам (рассматриваются две группы) по рисунку выполнить крайне сложно. Было бы полезно представить несколько графиков для различных аспектов анализа.

4. Отзыв **Малкаровой Аминат Магомедовны**, доктора физико-математических наук, начальника отдела научных исследований и активных воздействий Управления государственной наблюдательной сети и научных исследований Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Отзыв положительный. Замечания:

- В автореферате не указаны явным образом точность и погрешности оценок радиолокационных параметров (например, отражаемости, высоты верхней границы). Было бы полезно знать, как это учитывалось при статистическом анализе.

- Для индийских облаков показано, что при начале разрядов некоторые радиолокационные параметры (Z_{max} , dV35) статистически значимо уменьшаются, а не увеличиваются. В автореферате это объяснено возможным действием иных механизмов электризации. Хотелось бы услышать более развёрнутую физическую интерпретацию – например, связано ли это с особенностями вертикального профиля влажности или микрофизики тропических облаков?

- При обобщении 3Д расчетов (медианные значения) не указан разброс (дисперсия, квартили) полученных параметров, что затрудняет оценку их типичных диапазонов.

- В методике ансамблевого прогноза интересно насколько велики вносимые возмущения в температуру и влажность, а также сравнивались ли полученные результаты с реальными случаями гроз для верификации?

5. Отзыв Данеляна Баграта Григорьевича, кандидата физико-математических наук, начальника Центра Физики Облаков и Активных Воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральная аэрологическая обсерватория».

Отзыв положительный. Замечания:

- Из автореферата остается неясным, каков механизм формирования инвертированной электрической структуры облака при активных воздействиях на него и является ли такой эффект ожидаемым.

- Мелкие подписи на рис. 1 и 3 затрудняют их восприятие.

6. Отзыв Коломеец Людмилы Ильиничны, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ООО «Институт радарной метеорологии».

Отзыв положительный. Замечания:

- На стр. 14 автореферата присутствует фраза «...выполнен регрессионный анализ облака...», что с точки зрения вкладываемой автором смысловой нагрузки не совсем корректно использовать.

- Текст автореферата не раскрывает основную физическую суть механизма формирования инвертированной электрической структуры грозового облака при активных на него воздействиях.

- Автор по тексту приводит только медианные значения основных изучаемых характеристик грозовых облаков, «размах» значений приводится только графически, что затрудняет восприятие полученных автором количественных оценок.

- В тексте автореферата имеются отдельные стилистические погрешности, но это несколько не снижает общего положительного впечатления от диссертационной работы.

7. Отзыв Горбатенко Валентины Петровны, доктора географических наук, профессора кафедры метеорологии и климатологии Национального исследовательского Томского государственного университета.

Отзыв положительный. Замечание:

В анализируемом тексте имеются отдельные стилистические погрешности, но они не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

8. Отзыв Иванова Владимира Николаевича, кандидата физико-математических наук, заместителя директора Института экспериментальной метеорологии Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» по научной работе.

Отзыв положительный. Замечания:

- В тексте автореферата не все полученные оригинальные результаты подробно объяснены.

- В автореферате мало сведений о погрешностях изменений.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

Иудин Дмитрий Игоревич, доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, доцент по специальности, заведующий кафедрой медицинской

биофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава РФ) является ведущим специалистом в области исследования физики грозы.

Коровин Евгений Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий и средств геофизического обеспечения Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», является ведущим специалистом в области исследования электрического состояния атмосферы и геофизических средств его контроля.

Выбор ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения «Высокогорный геофизический институт» обосновывается тем, что она широко известна своими достижениями в области физики облаков и активных воздействий, что соответствует теме выполненной соискателем работы, и способна определить научную и практическую значимость диссертации.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в вопросах исследования атмосферного электричества, физики облаков и активных воздействий, достижениями в данных отраслях науки, наличием публикаций, соответствующих тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Установлено, что в облаках умеренных широт при начале грозовой активности увеличивается высота верхней границы, максимальная радиолокационная отражаемость, переохлажденный объем облака с высокими значениями отражаемости;
2. Доказано, что облака муссонного и постмуссонного периода в Индии имеют различное микрофизическое строение, что сказывается на количестве грозовых облаков, максимальных значениях частоты разрядов, а также на закономерностях изменения радиолокационных характеристик при переходе облаков в грозовую стадию;
3. Разработан и реализован подход к анализу данных трехмерного моделирования конвективных облаков;
4. Получены обобщенные характеристики облаков, переходящих в грозовую стадию, по результатам трехмерного численного моделирования.

Теоретическая значимость работы заключается в следующем:

- Выявлены закономерности электризации облаков, связанные с их различным микрофизическим строением, по данным радиолокационных наблюдений.
- Исследована электрическая структура грозовых облаков на различных стадиях жизни и влияние на нее активных воздействий льдообразующим реагентом по данным трехмерного численного моделирования.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- Представлены новые данные об изменении характеристик облаков с различным микрофизическим строением при переходе в грозовую стадию, что создает основу для разработки и уточнения физико-статистических моделей их электризации;
- Усовершенствована трехмерная численная модель конвективного облака – в составе коллектива, модель внедрена в качестве исследовательского метода в ФГБУ

«НПО «Тайфун» и ФГБУ «ВНИИСХМ» (акты внедрения прилагаются). Разработаны и внедрены в ФГБУ «ГГО» средства визуализации и анализа результатов трехмерного численного моделирования (акты внедрения прилагаются).

- Получены данные о влиянии активных воздействий льдообразующим реагентом на электризацию облака, которые могут быть использованы для модернизации методик активных воздействий;

- Обобщены данные о характеристиках облаков, переходящих в грозовую стадию и о пространственном распределении полей заряда в грозовых облаках на разных стадиях жизни, которые могут быть использованы для валидации и сравнения различных численных моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Полученные данные обладают высокой степенью достоверности. Работа характеризуется значительным объемом, разнообразием и полнотой анализируемых данных. Достоверность подтверждается в том числе результатами, полученными и опубликованными другими исследователями. Результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в:

- личном участии в получении всех результатов, представленных в диссертационной работе;
- обработке (для региона Индии) и интерпретации (для всех рассмотренных регионов) радиолокационных данных и данных систем регистрации грозных разрядов;
- участии в составе коллектива в доработке трехмерной численной модели и самостоятельной разработке новых средств визуализации данных;
- выполнении расчетов при помощи численных моделей и анализе результатов;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе – как самостоятельно, так и в составе коллектива.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические вопросы и замечания, на которые соискатель Торопова Марина Леонидовна ответила и привела собственную аргументацию. Члены совета, задавшие вопросы, были удовлетворены ответами.

На заседании 25 июня 2026 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для физики облаков, в частности – понимания процессов электризации конвективных облаков с различным микрофизическим строением, формирования и эволюции электрической структуры грозных облаков, в том числе при активном воздействии на них, принял **решение присудить Тороповой Марине Леонидовне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов по профилю рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 17 человек, входящих в совет, проголосовали: за 12, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета 24.2.365.02
доктор физико-математических наук



Смышляев
Сергей Павлович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.365.02
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Лобанов
Владимир Алексеевич

25 июня 2026 года