

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Тороповой Марины Леонидовны
на тему «Исследование грозовых облаков по данным дистанционных
измерений и численного моделирования»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате»**

Диссертационная работа М.Л. Тороповой на тему «Исследование грозовых облаков по данным дистанционных измерений и численного моделирования», направленная на исследование эволюции характеристик облаков при переходе в грозовую стадию с использованием комплекса дистанционных измерений (радиолокационных, систем регистрации разрядов) и численного моделирования отвечает современным вызовам и является своевременной. Грозовая деятельность является одним из опасных природных явлений, наносящих экономический ущерб и угрожающих жизни людей. В условиях наблюдаемых изменений климата, сопровождающихся перераспределением частоты и интенсивности гроз в различных регионах, проблема понимания физических механизмов электризации облаков, совершенствования методов диагностики и прогноза гроз приобретает особую актуальность.

Важными научными результатами диссертации М.Л. Тороповой, представляющими ее **научную новизну**, являются:

1. Впервые выполнено сопоставительное исследование радиолокационных параметров грозовых облаков для трех регионов (Северо-Запад России, Северный Кавказ, Индия) с оценкой статистической значимости их изменений при переходе к грозовой стадии. Показано, что в умеренных широтах наблюдается увеличение параметров, тогда как в тропиках (Индия) – их уменьшение, что указывает на возможные региональные особенности механизмов электризации.

2. Получены новые количественные данные о характеристиках грозовых облаков в Индии в муссонный и постмуссонный периоды. Обнаружено, что в муссонный сезон облака имеют значительно меньшие значения высоты верхней границы, отражаемости и переохлаждённых объёмов, а частота разрядов крайне низка, что позволяет предположить доминирующую роль

сильных восходящих потоков и мелких ледяных частиц в процессе электризации.

3. Впервые выполнено обобщение серии расчётов с использованием трёхмерной нестационарной численной модели конвективного облака. Получены медианные значения основных гидродинамических и микрофизических параметров облаков в момент перехода в грозовую стадию, что вносит вклад в фундаментальные представления об электризации облаков.

4. Разработаны и апробированы две методики ансамблевого прогноза характеристик грозовых облаков на основе модели конвективного облака малой размерности; показана чувствительность прогнозируемых параметров к возмущениям начальных данных.

Результаты работы имеют **научную и практическую значимость** и могут быть использованы:

- для совершенствования методов диагностики и краткосрочного прогноза (наукастинга) гроз, в том числе для регионов с различными климатическими условиями;

- при планировании и оценке эффективности активных воздействий на конвективные облака (противоградовые работы, регулирование осадков);

- при подготовке специалистов в области физики облаков и активных воздействий.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается:

- использованием представительных выборок экспериментальных данных (более 1200 облачных ячеек для Индии, около 60 ячеек для каждого из российских регионов);

- применением различных современных радиолокационных систем и различных систем регистрации грозовых разрядов, а также апробированных численных моделей;

- статистической обработкой с применением непараметрических критериев и регрессионного анализа;

- хорошим согласием результатов моделирования с натурными данными.

Автореферат (на 25 стр.) содержит результаты, обладающие обоснованностью и научной новизной отражает логику диссертационного исследования: введение, три главы (обзор литературы, экспериментальные

исследования, численное моделирование), заключение, список публикаций. Изложение чёткое, иллюстрировано рисунками, приведены уравнения модели. Основные положения, выносимые на защиту, сформулированы корректно. По теме диссертации автором опубликовано 20 статей, из них 13 в рецензируемых журналах из перечня ВАК и международных баз, что подтверждает апробацию результатов.

В качестве **замечаний по автореферату** хочется отметить следующие:

1. 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.

2. Для индийских облаков показано, что при начале разрядов некоторые радиолокационные параметры (Z_{max} , dV_{35}) 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?

3. При обобщении расчётов с 3D-моделью (медианные значения) не указан разброс (дисперсия, квартили) полученных параметров, что затрудняет оценку их типичных диапазонов.

4. 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?

Заключение: Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки работы и не ставят под сомнение её основные результаты.

Диссертационная работа М.Л. Тороповой «Исследование грозовых облаков по данным дистанционных измерений и численного моделирования» является завершённым научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи – изучения региональных особенностей перехода конвективных облаков в грозовую стадию и разработки методов их прогноза. Работа соответствует паспорту специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате», а её содержание отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации Торопова Марина Леонидовна заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате».

Рецензент:

Малкарова Аминат Магометовна, доктор физико-математических наук, доцент по специальности 25.00.30 «Метеорология, климатология, агрометеорология», начальник отдела научных исследований и активных воздействий Управления государственной наблюдательной сети и научных исследований Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 125993, Москва, Нововаганьковский переулок, д. 12, телефон: +7(499)795-24-82, E-mail: a.malkarova@meteof.ru.

А.М. Малкарова

18.05.2026 г.

Я, Малкарова Аминат Магометовна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись А.М. Малкаровой удостоверяю

Врио заместителя начальника управления – начальника отдела государственной службы и кадров Управления планирования, финансирования подведомственных учреждений и контроля Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды



А.С. Бурзиловская