

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии и  
мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ТАЙФУН»  
(ФГБУ "НПО "Тайфун")

Победы ул., 4, г. Обнинск Калужской обл., 249038  
телефон: (484)3997004, факс: (484)3940910  
e-mail: post@rpatyphoon.ru

Ученому секретарю  
диссертационного совета ФГБОУ  
ВО «Российский государственный  
гидрометеорологический  
университет»

В.А. Лобанову

пр. Малоохтинский, д. 98, г. Санкт-  
Петербург, 195196

18.06.2026 № 01-30/1278  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

[О направлении отзыва на автореферат  
диссертации Тороповой М.Л.]

Уважаемый Владимир Алексеевич!

Направляем отзыв на автореферат диссертационной работы Тороповой Марины Леонидовны «Исследование грозовых облаков по данным дистанционных измерений и численного моделирования», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Приложение: упомянутое по тексту на 3 стр. в 2 экз.

Зам. генерального директора

*С уважением,*



А.А. Юдаков

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

Диссертационная работа Тороповой М.Л. посвящена исследованию эволюции характеристик облаков при переходе в грозовую стадию, оценке параметров грозовых облаков и определению их региональных особенностей по данным радиолокационных измерений, данным систем регистрации грозовых разрядов и численного моделирования. **Актуальность** темы исследования определяется недостаточной изученностью такого опасного явления погоды как гроза. Ежегодно грозы по всему миру становятся причиной гибели людей и значительного экономического ущерба. Ввиду сложности и комплексности этого явления существует необходимость в расширении представлений о физике протекания процессов электризации, совершенствовании методов прогноза гроз (включая сверхкраткосрочное прогнозирование) и решения связанных с этим задач активных воздействий на конвективные облака, формирующие также таких опасных явлений погоды как град и ливни.

В рамках решения поставленных задач автором получены оригинальные **научные результаты**, которые представляют существенное значение для развития теории и практики:

1. Экспериментальные исследования радиолокационных и электрических характеристик облаков Северо-Западного, Северо-Кавказского регионов РФ и Индии **показали**, что при переходе облаков умеренных широт в грозовую стадию наблюдается увеличение высоты верхней границы, переохлажденных объемов облаков с высокими значениями отражаемости и некоторых других параметров, в то время как в Индии в зависимости от сезона может наблюдаться уменьшение параметров при начале разрядов.
2. **Показано**, что грозовые облака Индии, развивающиеся в муссонный сезон, имеют значения радиолокационных параметров малые относительно постмуссонного периода (высота верхней границы, радиолокационная отражаемость, переохлажденные объемы облака с высокими значениями отражаемости).
3. По результатам трехмерного численного моделирования **получены статистические характеристики** облаков при переходе в грозовую стадию (медианы): высота верхней границы – 6,6 км, скорость восходящего потока в облаке – 20,9 м/с, водность облачных и дождевых капель – 1,8 и 2,8 г/м<sup>3</sup>, ледность облачных ледяных кристаллов и крупных ледяных частиц – 0,9 и 4,0 г/м<sup>3</sup>.
4. Оценка физического эффекта активных воздействий на облако кристаллизующим реагентом по результатам численного моделирования **показала**, что воздействия ускоряют переход облака в грозовую стадию, электрические разряды начинают формироваться при меньших (по сравнению с естественным развитием облака) значениях основных термодинамических параметрах, усиливается электризация облака (увеличивается частота разрядов) и возможно формирование инвертированной структуры заряда.

Автором решена **научная задача** по исследованию эволюции характеристик облаков при переходе в грозовую стадию, оценке параметров грозовых облаков и определению их региональных особенностей по данным радиолокационных измерений, а также данным систем регистрации грозовых разрядов и численного моделирования.

**Соискателем получены лично следующие научные результаты:**

- обработаны и проанализированы данные радиолокационных измерений и данные систем регистрации грозовых разрядов (Индия);
- обобщены данные радиолокационных наблюдений для различных регионов;
- принято участие в доработке численных моделей;
- выполнены расчеты с использованием численных моделей и обработаны результаты моделирования;
- разработаны методики ансамблевого прогноза с использованием модели конвективного облака малой размерности.

**Научная новизна** полученных научных результатов заключается в следующем:

1. Выполнен анализ изменения характеристик конвективных облаков при переходе в грозовую стадию для муссонного и постмуссонного периода. Показано, что в зависимости от сезона, характеристики различаются и отличаются от аналогичных характеристик для других регионов Земли;
2. Получены характеристики грозовых облаков и разрядов в Индии в муссонный и постмуссонный сезоны. Показано, что характеристики сильно различаются в зависимости от сезона и обладают рядом особенностей по сравнению с аналогичными характеристиками в других регионах Земли;
3. Впервые выполнено обобщение серии расчетов с использованием трехмерной нестационарной численной модели конвективного облака. Получены значения характеристик облаков при переходе в грозовую стадию.

По теме диссертации **опубликовано** 20 статей, из них 13 в изданиях из перечня научных изданий ВАК РФ и международных баз рецензируемых журналов (Scopus, WoS).

**Теоретическая и практическая значимость работы.**

Получены новые данные о характеристиках грозовых облаков в различные периоды в России и Индии, что позволяет формулировать новые физико-статистические модели электризации грозовых облаков.

Получены новые данные об изменении характеристик грозовых облаков в Индии в муссонный и постмуссонный период. Эти данные позволяют предположить, что в период активной фазы Индийского муссона электризация облаков связана главным образом не с наличием крупных ледяных частиц в облаке, как это показано для разных регионов РФ и мира, но с сильными восходящими токами и мелкими ледяными частицами.

Представлены новые данные о значениях характеристик конвективных облаков при переходе в грозовую стадию по результатам обобщения серии расчетов, выполненных при помощи трехмерной нестационарной модели конвективных облаков. Представлены новые сведения о динамике пространственного распределения электрических и микрофизических характеристик грозовых облаков. Все это расширяет фундаментальные знания о процессах электризации облака, формировании электрической структуры облака и связях параметров облака с появлением молний, интенсивностью грозовой деятельностью, в т.ч. при участии различных физических процессов.

**Достоверность полученных результатов** обоснована анализом предшествующих научных работ в области измерений и численного моделирования характеристик грозовых

облаков, большим объемом исходных данных. Полученные результаты не противоречат предшествующим исследованиям. Обоснованность основных результатов подтверждается публикациями в ведущих российских журналах и представлением их на российских и международных конференциях.

В целом, согласно представленному в автореферате, материалу, диссертационная работа Тропой М.Л. является законченной комплексной научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема по исследованию эволюции характеристик облаков при переходе в грозовую стадию, оценке параметров грозовых облаков и определению их региональных особенностей по данным радиолокационных измерений, а также данным систем регистрации грозовых разрядов и численного моделирования.

**Автореферат написан грамотно, стиль изложения доказательный**, оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.89-2005 «Системы стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Оригиналы текстовые авторские и издательские. Общие требования».

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее.

В тексте автореферата не все полученные оригинальные результаты подробно объяснены.

В автореферате мало сведений о погрешностях измерений.

Данные замечания не влияют на высокую оценку диссертации Тороповой М.Л.

Судя по автореферату, диссертационная работа Тороповой М.Л. «Исследование грозовых облаков по данным дистанционных измерений и численного моделирования» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Торопова Марина Леонидовна, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Иванов Владимир Николаевич – заместитель директора Института экспериментальной метеорологии Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун» по научной работе, кандидат физико-математических наук, заслуженный метеоролог Российской Федерации

Подпись  В.Н. Иванов

Адрес места работы: Адрес: Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4.

Тел.: (484)396-39-00

E-mail: [vivanov@rpatyphoon.ru](mailto:vivanov@rpatyphoon.ru)

Подпись Иванова В.Н. заверяю:

Начальник Научно-организационного отдела

 М.Л. Прудникова

М.П.

