

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН Институт мониторинга

климатических и экологических систем

Сибирского отделения РАН

профессор РАН, д.б.н.  Е.А. Головацкая

17 октября 2019 г.



ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН на диссертацию **Шабагановой Светланы Николаевны «Исследование и разработка методов мониторинга грозовой активности Якутии»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Диссертационная работа Шабагановой С. Н. посвящена решению задач, связанных с разработкой вычислительных методов и средств, предназначенных для выявления закономерностей грозовой деятельности и оценок особенностей её развития.

Актуальность исследования. К одному из наиболее пожароопасных регионов России относится огромная территория Сибири и Дальнего Востока. Крупномасштабные лесные пожары на практически безлюдной территории (например, в Якутии) оказывают существенное влияние на окружающую среду, нанося разрушительный ущерб природным экосистемам и выбрасывая в атмосферу значительное количество продуктов горения, которые способствуют, в конечном итоге, глобальному изменению климата. Поэтому цель работы – совершенствование методов выявления и регистрации местоположения молниевых разрядов, разработка методов численной обработки данных, позволяющих выделять грозовые объекты в реальном времени, выявлять закономерности эволюции грозовой активности и прогнозировать особенности её развития, является весьма и весьма **актуальной**.

Структура и объем работы Диссертационная работа Шабагановой С. Н. состоит из Введения, четырёх Глав, Заключения (Основные результаты работы), Библиографического списка и VI Приложений. Она содержит 139 страниц текста и список цитируемой литературы из 149 наименований. Во **Введении** обозначена цель и дано обоснование актуальности диссертационной работы; определён круг решаемых в ней задач; сформулированы выносимые на защиту научные положения; указаны новизна работы, её научная и практическая значимость. В **Первой главе** представлен анализ существующих систем регистрации грозовых разрядов, а также методов кластерного анализа, необходимых для выделения таких объектов как грозовая ячейка

(очаг) и построения модели грозового очага. Отмечено, что в нашей стране применение многопунктовых систем ограничено из-за отсутствия соответствующей инфраструктуры связи, а наибольшее внимание уделено развитию однопунктовых методов регистрации. *Вторая глава* посвящена разработке методов определения местоположения грозового разряда и построения его численной статистической модели. Для выделения грозовых объектов и оценки их эволюции из поступающей информации о времени прихода и координатах грозовых разрядов был сформулирован и реализован двухступенчатый метод кластерного анализа. В *Третьей главе*, на основании обработки и анализа экспериментальных данных, выявлены закономерности, характеризующие грозовые очаги на территории Якутии. Получены оценки основных параметров грозовых областей и выявлены закономерности, характеризующие изучаемый объект. Проведено сравнение параметров грозовых кластеров с данными из других регионов земного шара. В *Четвёртой главе* обсуждаются практические рекомендации по применению разработанных методов мониторинга грозовой активности, а также приводятся рекомендации по оценке обусловленных грозами возможных чрезвычайных ситуаций. В *Заключении (Основные результаты работы)* суммированы основные результаты работы.

Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Предложен и реализован метод мониторинга грозовой активности, который повышает точность определения координат грозового разряда и позволяет использовать совокупность однопунктового, триангуляционного и гибридного методов для вычисления местоположения разрядов с оптимальной точностью. Эффективность предложенного метода подтверждена аналитическими расчетами погрешностей определения дальности.

2. Разработан метод построения модели грозового очага в виде кластера, в том числе для случая перекрывающихся грозовых объектов, в котором, методом минимального локального расстояния, проведена первичная кластеризация экспериментально полученных данных о грозовых объектах, а методом модального анализа выделены области локальных экстремумов функции плотности распределения элементов кластера и получены кластеры, представляющие собой грозовые ячейки отдельного очага. Двухэтапный подход к построению модели грозового очага позволил выделить из анализируемого массива грозовых разрядов конкретные грозовые объекты, снизить уровень шума на границах пересекающихся кластеров и удалить изолированные атмосферерики.

3. Впервые установлено, что показателем мощности грозового очага на территории Восточной Сибири может служить эксцентриситет модельного эллипса, ооконтуривающего грозовой объект, и предложено, в качестве прогнозного параметра риска возникновения чрезвычайной ситуации, связанной с грозой, использовать значение эксцентриситета модельного эллипса.

4. Выявлено, что увеличение количества разрядов в зоне регистрации влечет не увеличение плотности разрядов внутри грозовых очагов, а увеличение площади охваченной грозой, в результате растет количество ячеек очага и увеличивается

«рыхлость» распределения грозовых разрядов. Установлено, что с увеличением средней площади отдельного грозового очага плотность разрядов в нем падает по степенному закону.

5. Исследовано пространственно-временное распределение грозовой деятельности в Якутии, установлены области повышенной плотности грозовых разрядов и выделено три района с наиболее повышенной грозовой активностью: Алданское нагорье (Нерюнгри), Приленское плато (Мирный) и Якутск с его окрестностями. Установлено, что одноячейковые грозы являются наиболее часто встречаемыми, а большая часть их регистрируется в Центральной и Южной Якутии. Показано, что до 50% выявленных кластеров гроз занимают площадь от 15% до 55% от площади зоны регистрации, данное обстоятельство указывает на существенное покрытие территории центральной Якутии грозовой активностью.

В целом, научная значимость результатов работы состоит в том, что предложенные и разработанные методы цифровой обработки данных систем регистрации грозовых разрядов позволят получать новые сведения о свойствах и характеристиках грозовых объектов.

Практическая значимость полученных результатов, заключается в следующем.

1. Разработаны практические и методические рекомендации по применению предложенного метода мониторинга грозовой активности.

2. Разработан комплекс программ, предназначенный: а) для выделения массива данных, формирующих грозовой очаг; б) для оценки модельных параметров очага; в) для исследования плотности распределения грозовых разрядов и их пространственно-временного распределения; г) для визуализации данных мониторинга; д) для повышения точности и достоверности краткосрочного прогноза грозовой активности.

Положения, выносимые на защиту, находят развернутое и аргументированное подтверждение в тексте диссертационной работы, а также в 16 публикациях (6 из которых представлены в журналах из списка ВАК, из них 2 – в научных журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus) и 3-х свидетельствах о регистрации программ и электронного ресурса. Результаты работы докладывались на российских и международных конференциях.

Достоверность результатов и выводов работы подтверждается данными исследований других авторов, использованием физически и математически обоснованных методов, а также представительной статистикой наблюдений. Необходимо отметить предельно внимательное отношение Шабагановой С.Н. к оценкам инструментальных и вычислительных погрешностей.

Недостатки работы и замечания. По представленной диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Из постановки Задач исследования (п. 4) непонятно из каких соображений автор планирует исследовать закономерности, характеризующие грозовые очаги, только в трех регионах Якутии. Вопрос – чем остальные регионы хуже, лучше?

2. Защищаемые положения представляются не вполне неудачно сформулированными, а именно:

- в формулировке первого защищаемого положения не приведены оценки точности местоопределения грозового разряда на основе предлагаемого автором алгоритма вычисления дальности;
- из текста второго положения неясно сколько методов разработано и апробировано автором и в чем заключается суть этих методов;
- в тексте третьего положения отсутствуют сведения о характеристиках разработанного программного комплекса, его основных достоинствах и преимуществах в реализации алгоритмов построения модели грозового очага и нахождения его параметров;
- в четвертом защищаемом положении (и в п. 4 Научной новизны) не указано, в чём состоит суть выявленных автором закономерностей.

3. Оценки эффективности глобальной системы регистрации WWLLN приведены в 3-ей главе на стр. 89, хотя само описание этой системы дано в 1-ой главе, а её данные автор анализирует на стр. 82.

4. Ряд соотношений (2.12, 2.16 и др.) в разделе «2.4 Метод выделения грозового очага» идентичен формулам, приведенным в 1-ой обзорной главе (стр. 24-25).

5. Автору следовало бы уделить больше внимания сравнению собственных результатов с данными из других регионов (например, со Средиземноморьем, стр. 90). Этот очень важный вопрос в работе только упоминается, но не обсуждается. Также следовало бы более детально проанализировать катастрофические явления в дальневосточном регионе в 2016 г. (стр. 101).

6. На стр. 94, 100 автор делает ссылки на работы, подтверждающие его результаты, не оговаривая то, что эти работы выполнены коллективом, в котором работает автор.

7. В тексте диссертации и автореферата встречаются неточные определения, опуски в формулах, неудачные выражения, синтаксические ошибки:

- на стр. 4-5, 28 перечислены фамилии, но не указаны соответствующие им номера в «Библиографическом списке»;
- на стр. 35 скорость приведена в км «(50 км и более)», на стр. 52 опечатка в соотношении для фокусного расстояния D , на стр. 97 не указано, что e – это эксцентриситет эллипса, непонятно, что на оси абсцисс (стр. 99, рис. 3.16) обозначает символ «Еще»;
- двусмысленные (из-за отсутствия слова *существование* или аналогичного ему) выражения, такие как «*продолжительность ячеек*» (стр. 71), «*длительность мощного кучевого облака*» (стр. 91), «*продолжительность грозовых очагов*» (стр. 91) и т.п.;
- в тексте работы присутствуют синтаксические ошибки.

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненного диссертационного исследования и не влияют на высокую научную и практическую значимость полученных автором основных результатов.

Заключение. Диссертационная работа Шабагановой С. Н. соответствует паспорту специальности 05.11.13 (пункты 4, 5, 6). Содержание диссертации, выдвинутые научные положения, сформулированные выводы и опубликованные работы дают основание заключить: в работе содержатся новое решение задачи, связанной с выявлением закономерностей грозовой деятельности и прогнозная оценкой особенностей её развития, имеющее важное научное и прикладное значение для физики атмосферы, охраны окружающей среды и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

В целом диссертация Шабагановой С. Н. «Исследование и разработка методов мониторинга грозовой активности Якутии», является законченной научно-квалифицированной работой, полностью соответствующей требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. п. 9 (ред. от 28.08.2017), а её автор, Шабаганова С. Н., заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание, опубликованные работы раскрывают основные положения диссертационного исследования.

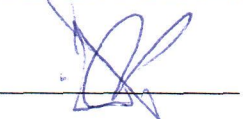
Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании лаборатории физики климатических систем ведущей организации ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук 10 октября 2019г., протокол № 41.

Зам. директора ФГБУН ИМКЭС СО РАН по научной работе,
доктор техн. наук (специальность 05.11.13 – Приборы и методы
контроля природной среды, веществ, материалов и изделий)



Корольков Владимир Александрович

Главный научный сотрудник ФГБУН ИМКЭС СО РАН, доктор физ.-мат. наук,
(специальность 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы), профессор



Нагорский Петр Михайлович

Почтовый адрес: Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук:
Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, ИМКЭС СО РАН
Тел. (3822) 49-22-65
Эл. почта: post@imces.ru