

На правах рукописи



Тумгоева Хадижат Абукаровна

**Исследование формирования грозо-разрядных процессов
на Северном Кавказе и их экстраполяция на основе
временных рядов**

25 00 30 – метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Нальчик - 2008

16 ОКТ 2008

Работа выполнена в ГУ «Высокогорный геофизический институт» Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор **Аджиев Анатолий Хабасович**

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор, **Ашабоков Борис Азреталиевич**

кандидат физико-математических наук,
доцент **Шогенова Марьяна Мухарбиевна**

Ведущая организация: Таганрогский технологический институт
Южного федерального университета
(г Таганрог)

Защита состоится « 31 » октября 2008 года в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 327 001 01 при ГУ «Высокогорный геофизический институт» Росгидромета по адресу 360030, КБР, г Нальчик, пр Ленина 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУ «Высокогорный геофизический институт»

Автореферат разослан 29 09 2008 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор



А В Шаповалов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы С проблемами молниезащиты и пространственного распределения молниевых разрядов приходится сталкиваться специалистам многих отраслей, таких как энергетика, связь, строительство, авиация, космическая промышленность, сельское и лесное хозяйство. Возрастает количество высотных зданий и площадь застройки, в промышленности применяются горючие и взрывоопасные вещества, в электронике и связи чаще применяются чувствительные электронные приборы, которые чутко реагируют на возмущения, вызванные грозовыми разрядами. Результатом повреждений могут быть нарушения нормального функционирования производства, а в отдельных случаях поражения молнией приводят к трагическим последствиям.

В России основными источниками информации о грозоопасности территории являются визуально-слуховые наблюдения на метеорологических станциях и эпизодические инструментальные наблюдения. При этом вероятность обнаружения гроз визуально-слуховым методом не превышает 58%. Вопросы грозового электричества и пространственного распределения характеристик грозовой активности в нашей стране занимают в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, в Энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского, в Высокогорном геофизическом институте на Кавказе, в лаборатории молниезащиты НИИ высоких напряжений при Томском политехническом университете и во многих других исследовательских центрах. Данная диссертационная работа является продолжением и развитием этих исследований. Для многих регионов нашей страны построены карты удельной поражаемости молниями и изучены региональные среднестатистические параметры молнии. Вместе с тем имеющиеся данные о грозах, карты среднегодовых чисел дней с грозой, средней продолжительности гроз, удельной поражаемости территории грозами и т. д. построены достаточно укрупненно, с масштабами более 1:500000. Поэтому их использование для решения локальных проблем не приемлемо.

Существует необходимость изучать пространственное распределение грозовой активности для территорий, обладающих плотной сетью традиционных наблюдений за грозами и современными инструментальными наблюдениями (наземными и спутниковыми) с тем, чтобы применить полученные результаты в регионах с редкой сетью.

В литературе широко обсуждаются вопросы о причинах пространственной неоднородности грозовой активности, таких как высота места над уровнем моря, температура воздуха и характеристики влажности. Эти особенности грозо-разрядной деятельности для Северного Кавказа к настоящему времени изучены не достаточно. Возрастает необходимость в исследовании пространственного распределения грозовой активности, что осо-

беспо актуально для интенсивно осваиваемой территории горных районов Северного Кавказа. Исследование региональной грозовой активности имеет как познавательное, так и большое практическое значение. Охрана лесов от пожаров и обеспечение надежной молниезащиты энергетических объектов, в том числе атомных реакторов – наиболее перспективные сферы приложения результатов исследования пространственного распределения грозовой активности. Решению этих вопросов и посвящена данная работа.

Цель и задачи диссертационной работы.

Целью работы является изучение физико-статистических параметров грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе и особенностей распределения грозовой активности и токов молнии на основе инструментальных регистраций и наблюдений за грозами на метеостанциях и прогноз их развития методами математической статистики.

Задачи исследования.

Определение динамики временных вариаций грозовой активности (число дней с грозой в год, среднегодовая продолжительность гроз и значения токов молнии) на Северном Кавказе.

Разработка метода определения плотности разрядов молнии в землю на территории Северного Кавказа на основе данных многолетних наблюдений на гидрометеостанциях.

Выявление факторов, приводящих к неоднородности пространственного распределения грозовой активности.

Определение тенденции грозовой активности в различных климатических зонах.

Прогноз развития грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе статистическими методами.

Исходные материалы и методика.

Для Северного Кавказа анализировались визуально-слуховые наблюдения на более 80 метеорологических станциях с 1930 по 2006 гг. Кроме этого, в качестве реперных данных были использованы данные эпизодических инструментальных наблюдений в ГУ «ВГИ» (1980-2000 гг.). Методом исследования является корреляционно-статистический анализ многолетних данных наблюдений за грозами. Обработка данных наблюдений производилась на ПК с помощью пакетов прикладных программ (Statistica, Statgraphics plus for Windows, Blitzstatistica, Excel), использующих стандартные методы математической статистики.

Ряды наблюдений на некоторых метеостанциях, где имелся достаточно длинный ряд наблюдений, были использованы для выявления тенденции

развития грозовой деятельности на Северном Кавказе и для прогноза возможных сценариев их развития методами статистического анализа

Научная новизна работы заключается в следующем:

1 Впервые показано наличие тенденции в некоторых районах Северного Кавказа к увеличению грозовой активности

2 Показано, что временной ход числа дней с грозой и их годовая продолжительность достаточно синхронны. Получены корреляционные выражения их взаимосвязи

3 Наибольшие вариации грозовой активности и продолжительности гроз фиксируются в западной части региона, здесь среднее число дней с грозой около 40. На востоке, в районе побережья Каспийского моря, среднее число дней с грозой составляет около 20

4 Методами статистического анализа сделан прогноз изменения грозовой активности на Северном Кавказе на будущие годы. Получены периодичности изменения грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе

5 Показано, что токи молнии над горной частью меньше, чем над равнинами

Положения, выносимые на защиту

1 Результаты статистического анализа грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе

2 Данные, характеризующие тенденции изменения грозовой активности на всей территории Северного Кавказа

3 Полученные корреляционные выражения взаимосвязи числа дней с грозой и их годовые продолжительности

4 Вариации грозовой активности и продолжительности гроз в различных частях региона и их высотная зависимость

5 Результаты прогноза изменения грозовой активности на Северном Кавказе на будущие годы

6 Выявленные периодичности изменения грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе

Практическая ценность.

Построенная карта грозовой активности для Северного Кавказа может представлять практический интерес при проектировании линий электропередачи и планировании лесоохраняющих мероприятий

Полученные эмпирические уравнения о связи различных характеристик гроз, а также значения среднестатистических параметров молний представляют практический интерес и могут быть использованы для молнезащитных мероприятий. Некоторые результаты работы вошли в моно-

графию «Опасные природные процессы юга европейской части России» под ред академика Залиханова М Ч

Личный вклад автора.

Постановка задачи осуществлена совместно с руководителем Сбор информации, разработка алгоритмов ее анализа и прогноза изменений метеопараметров, разработка программных средств и проведение расчетов, а также анализ результатов расчетов осуществлены автором

Апробация работы.

Содержание работы и ее основные положения докладывались на VI-ой Всероссийской конференции по атмосферному электричеству (г Нижний Новгород, сентябрь 2007 г), в Томском государственном педагогическом университете на X Всероссийской конференции студентов, аспирангов и молодых ученых «Наука и образование» (г Томск, 16-20 апреля 2007 г), на II-ой Международной конференции «Моделирование устойчивого регионального развития», проводимой в КБНЦ РАН (г Нальчик 14-18 мая 2007 г) На семинарах отдела стихийных явлений ВГИ и общегеофизическом семинаре ВГИ

По теме диссертации опубликовано 7 работ

Структура и объем диссертации.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 120 страниц машинописного текста, включая 12 таблиц, 32 рисунка, список используемой литературы из 111 работ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы. Изложена цель исследований, рассматривается научная новизна и практическая ценность работы, кратко описывается ее содержание, сформулированы поставленные и решенные в ходе исследований задачи

В первой главе приводится анализ исследований по задачам диссертационной работы. Приводится описание основных источников информации о грозовой активности и факторах, определяющих ее пространственно-временную неоднородность

Выделены следующие причины пространственной неоднородности грозовой активности

- 1 Орография для Северного Кавказа является важнейшим фактором, формирующим неоднородность грозовой активности
- 2 Ландшафт является вторым по значимости, обуславливающим неравномерность развития процессов облако- и осадкообразования и, как следствие, неоднородность грозовой активности
- 3 Город, как источник дополнительных ядер конденсации, наличием высотных строений влияет на грозо-разрядную деятельность

Во второй главе приводятся также сведения об источниках информации о грозах и методике их анализа

Вторая глава посвящена исследованию пространственно-временного распределения грозо-разрядной деятельности на территории Северного Кавказа

В данной работе выполнен анализ изменения грозовой активности во времени и в пространстве на всей территории Северного Кавказа. Площадь рассматриваемой территории составляет около 400000 км². Для исследования временных и пространственных изменений грозовой активности использовались данные 82 метеостанций, расположенных на территории Северного Кавказа, а также данные инструментальных наблюдений за молниями с использованием активно-пассивных радиотехнических средств Высогогорного геофизического института

Для исследования динамики временных вариаций грозовой активности на Северном Кавказе были собраны по всем основным метеостанциям региона следующие многолетние данные

- временные ряды количества дней с грозой в различные месяцы и годы,
- продолжительность гроз в часах в различные дни, месяцы и годы,
- инструментальные наблюдения ВГИ с использованием активно-пассивных радиотехнических средств в грозовые периоды

Для исследования динамических свойств отмеченных метеопараметров для соответствующих временных рядов вычислялись и сравнивались такие их характеристики, как среднее значение, среднеквадратичное отклонение, минимальное и максимальное значения, разброс между ними и др

На рис 1 показан пример анализа динамики числа дней с грозой в различные годы по данным трех метеостанций Северного Кавказа Кисловодск, Минеральные Воды и Назрань. Местоположение указанных метеостанций достаточно полно характеризует как пространственные, так и высотные особенности грозо-разрядной деятельности рассматриваемого региона. Метеостанция Кисловодск находится на высоте около 1000 м над уровнем моря, метеостанция Минеральные Воды на высоте 350 м н у м и метеостанция Назрань на высоте 600 м н у м

Объем выборки значений числа дней с грозой для метеостанции Кисловодск составляет 79 лет. Среднее число дней с грозой равно 37. Медиана вариант, расположенная в середине нашего упорядоченного вариационного ряда, делящая ее на две равные части, равна $x_{me}=37$ дням. Минимальное число дней с грозой равно 26, оно повторяется с 1929 по 1933 годы подряд в течение пяти последовательных лет. Далее по годам наблюдается тенденция к росту числа дней с грозой в году. Максимальное число дней с грозой равно 56. Мода – наиболее часто повторяющийся вариант составляет 37 дней с грозой. Размах варьирования $R=30$ дней. Дисперсия $D_g=38,112$. Среднеквадратическое отклонение $\sigma=6,1735$.

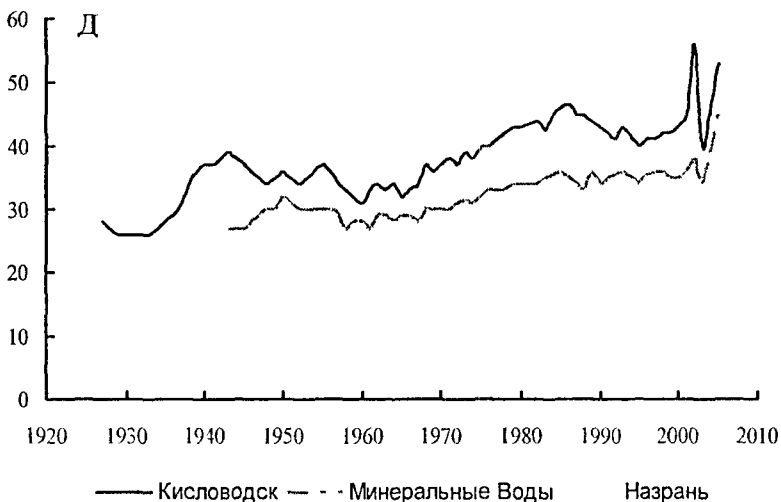


Рисунок 1 - Многолетний ход годового числа дней с грозой По метеостанциям Кисловодск, Минеральные Воды, Назрань

Для метеостанции Минеральные Воды объем выборки составляет 63 года. Среднее число дней с грозой – 32 дня. Медиана вариант, расположенная в середине нашего упорядоченного вариационного ряда, делящая ее на две равные части равна 32 дням. Минимальное число дней с грозой равно 27. Максимальное число дней с грозой составляет 45. С годами наблюдается увеличение числа дней с грозой. Мода ряда равна 30 дням. Размах варьирования $R=18$ дней. Дисперсия $D_g=12,60343$. Среднеквадратическое отклонение $\sigma=3,1735$.

Для метеостанции Назрань объем выборки составляет 10 лет, среднее число дней с грозой равно 18, а максимальное число дней с грозой составляет 33 дня

Сравнение значений среднего числа дней с грозой соответствующих годов по трем метеостанциям показывает, что происходит, хотя и незначительное, но уменьшение числа дней с грозой с запада на восток Среднее значение числа дней с грозой с запада на восток уменьшается примерно на 2 дня на 50 км Расстояние между метеостанциями Кисловодск и Назрань, которые расположены на одной широте, составляет около 200 км Разница в числе дней с грозой между этими станциями составляет 19 дней Необходимо отметить, что временные изменения среднего по территории числа дней с грозой за год D и средней продолжительности гроз T хорошо коррелируют между собой, а пики грозовой активности хорошо согласуются с циклонической активностью над Северным Кавказом Для иллюстрации такой корреляционной связи между D и T приведем данные по трем метеостанциям Сочи, Адлер и Красная поляна (рисунок 2 и 3)



Рисунок 2 - Среднее число дней с грозой в год по многолетним наблюдениям

Среднее число дней с грозой по многолетним наблюдениям в Сочинском районе составляет около 37 При этом имеет место некоторое увеличение количества дней с грозой в последние годы (рисунок 2)

Многолетняя средняя продолжительность гроз составляет около 133 часов При этом имеет место высокая корреляция между годовыми изменениями числа дней с грозой D и продолжительностью гроз в часах T (рисунок 3) Как видно из рисунков 2 и 3, ход числа дней с грозой D и их продолжительность T в часах достаточно хорошо коррелируют

T, часы



Рисунок 3 - Продолжительность гроз.

Некоторое отклонение дает станция «Красная поляна». По-видимому, это связано с некоторой нерепрезентативностью станции «Красная Поляна» для визуально-слухового наблюдения за грозами, так как она расположена в горном районе.

По нашим расчетам связь между Д и Т для рассмотренных станций с высокой точностью можно аппроксимировать следующими выражениями: для ГМС «Сочи»

$$T=2,95 \cdot D^{1,04} \quad (1)$$

с коэффициентом корреляции 0,75;
для ГМС «Адлер»

$$T=1,5 \cdot D^{1,2} \quad (2)$$

с коэффициентом корреляции 0,88;
для ГМС «Красная Поляна»

$$T=0,74 \cdot D^{1,3} \quad (3)$$

с коэффициентом корреляции 0,73.

Для Северного Кавказа наибольшая интенсивность грозовых явлений имеет место в июле и августе. Их средние значения в эти месяцы составляют 6 - 8 дней и 10-20 часов, соответственно.

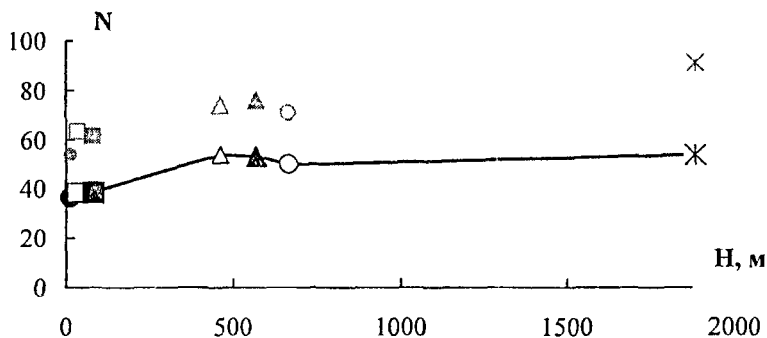
В целом наблюдается синхронность годового хода числа дней с грозой и их продолжительность по всем метеостанциям Северного Кавказа. Однако амплитуды и их вариации на станциях, расположенных в западной части, больше, чем на станциях восточной части рассматриваемого региона. С большим приближением можно говорить, что имеет место тенденция роста грозовой активности на Северном Кавказе. Увеличение грозовой активности больше проявляется на станциях, расположенных в горных и предгорных районах - это Кисловодск, Хабаз, Красная поляна и другие. Из рассмотренных метеорологических рядов наблюдений большинство метеостанций (80%) имели максимальные значения грозовой активности в 1992 и 2000 годах прошлого столетия. Из анализа временных рядов грозовой активности, наблюдаемой над Северным Кавказом, можно сделать следующие выводы:

1. Временной ход числа дней с грозой и их годовая продолжительность достаточно синхронны.
2. Годы с минимальным числом дней с грозой характеризуются минимальной суммарной продолжительностью гроз. И, наоборот, годам с максимумом грозовых дней соответствуют максимальные значения продолжительности.
3. Наблюдается устойчивая тенденция к увеличению грозовой активности в целом на всей территории Северного Кавказа. Методом статистической интерполяции показано, что такая тенденция - увеличения грозовой активности - прогнозируется с высокой вероятностью.
4. Метеостанции, расположенные достаточно близко в пределах мезорайона, например, Минеральные Воды и Кисловодск, на различных высотах фиксируют различные значения грозовой активности. При этом с увеличением высоты грозовая активность и продолжительность гроз возрастают.
5. Наибольшие вариации грозовой активности и продолжительности гроз фиксируются в западной части региона.

Горные районы оказывают существенное влияние на грозовую деятельность. Наиболее интенсивная грозовая деятельность наблюдается над Кавказским хребтом. Максимальная повторяемость гроз наблюдается в горах. Наиболее велика она в восточной части Кавказского хребта. Количество гроз здесь доходит до 70 дней в году. В горных районах происходит усиление вертикального обмена воздуха. Особенно это хорошо прослеживается на горных хребтах, обращенных в сторону влагонесущих потоков, направленных со стороны моря - это районы Сочи и Адлера.

Анализ грозовой активности по данным метеостанций, расположенных на различных высотах, позволил выявить существование значимой корреляции между высотой местности и грозовой активностью.

На рисунке 4 приводится график зависимости среднемноголетнего и наибольшего числа дней с грозой (D) за год на Черноморском побережье Кавказа (район Сочи) в зависимости от высоты расположения метеостанции (H). Как видно из рисунка 4, четко прослеживается увеличение с высотой среднемноголетнего и наибольшего за год чисел дней с грозой. При этом средняя продолжительность гроз в течение года T на побережье составляет 105-117 часов, на горных склонах – 150-172 часов.



- — Среднемноголетнее число дней с грозой за год
- * — Наибольшее число дней с грозой за год
- - Адлер, □ - Сочи, ■ - Туапсе, Δ - Калиновое озеро, ▲ - Красная поляна, ○ - Гузерипись, ж - Ачишко

Рисунок 4 - Зависимость среднемноголетнего числа дней D с грозой за год от высоты H расположения метеостанций

С большой точностью зависимость числа дней с грозой от высоты местности для рассматриваемого района России можно представить в виде

$$D_1 = a_1 + v_1 H, \quad (4)$$

$$D_2 = a_2 + v_2 H, \quad (5)$$

где D_1 – среднегодовое число дней с грозой за год; D_2 – среднемноголетнее наибольшее число дней с грозой, a_1, a_2, v_1, v_2 – численные коэффициенты ($a_1 = 40$ дн, $v_1 = 7 \cdot 10^{-3}$ дн m^{-1} , $a_2 = 60$ дн, $v_2 = 15 \cdot 10^{-3}$ дн m^{-1})

Между значениями D и H имеет место высокая корреляция между D_1 и H коэффициент корреляции около 0,8, а между D_2 и H коэффициент корреляции составляет около 0,7

Продолжительность гроз можно связать с высотой, используя полученные нами выражения, связывающие число дней с продолжительностью гроз (1) (3)

$$T = 1,5 (40 + 7 \cdot 10^{-3} H)^{1,2}, \quad (6)$$

где T – среднегодовая продолжительность гроз в часах

Сравнение рассмотренных высотных вариаций с высотой с аналогичными характеристиками для Северного Кавказа, например, в районе Кисловодска и Минеральных Вод, показывает, что увеличение грозовой деятельности с высотой проявляется независимо от места наблюдения

Третья глава посвящена экстраполяции на последующие годы возможных изменений грозо-разрядной деятельности на Северном Кавказе. Для прогноза возможных изменений грозовой деятельности на рассматриваемой территории были использованы методы, основанные на использовании временных рядов

Обычно на практике для анализа и прогноза параметров временных рядов используются стохастические модели, которые позволяют исследовать как стационарные, так и нестационарные ряды после приведения к стационарному виду. Наиболее распространенные модели стационарных рядов – модели авторегрессии и модели скользящего среднего

Авторегрессионная модель p -го порядка $AR(p)$ имеет вид

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (t=1, 2, \dots, n), \quad (7)$$

где $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ – некоторые константы, ε_t – ряд возмущений

Она описывает изучаемый процесс в момент времени t в зависимости от его значений в предыдущие моменты $t-1, t-2, \dots, t-p$

Если исследуемый процесс y_t в момент времени t определяется его значением только в предшествующий момент $t-1$, то рассматривают авторегрессионную модель 1-го порядка ($p=1$)

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Модель скользящей средней q -го порядка $MA(q)$, в которой моделируемая величина задается линейной функцией от возмущений (ошибок) ε_t в предыдущие моменты времени, имеет вид

$$y_t = \varepsilon_t + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \gamma_q \varepsilon_{t-q} \quad (t=1, 2, \dots, n), \quad (9)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_q$ - некоторые константы

Также можно использовать смешанные модели ARIMA(p,d,q) (модели авторегрессии) проинтегрированного скользящего среднего, где p - порядок авторегрессии, q - порядок скользящей средней, d - порядок разности

В этих моделях, в качестве независимой переменной выступает не время, а лаговые переменные, влияние которых характеризуется некоторым запаздыванием. Для выбора модели временного ряда проводится анализ автокорреляционной (АКФ) и частной автокорреляционной (ЧАКФ) функций ряда

Используя модель ARIMA (по методологии Бокса-Дженкинса), нами проведен анализ и прогноз значений числа дней с грозой и средней продолжительности гроз по многолетним данным метеостанции в г. Сочи (рис 5-6)

Для оценки точности прогноза необходимо провести тестовые расчеты на ретроспективном участке исследуемых рядов. В этом случае имеющаяся информация делится на две части: по первой – оцениваются параметры модели, а данные второй части рассматриваются в качестве фактических. Ошибки прогнозов, полученные на втором участке, характеризуют точность применяемой модели.

На практике широко используется средняя относительная ошибка по модулю, выраженная в процентах относительно фактического значения показателя:

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t} \right| 100\%, \quad (10)$$

где \hat{y}_t - прогнозные значения показателя, y_t - фактическое значение; n - число уровней временного ряда, для которых определялось прогнозное значение

При этом в литературе встречается указание на то, что значение $\delta < 10\%$ свидетельствует о высокой точности модели, при значениях этой характеристики в диапазоне 10 – 20% точность можно признать хорошей, при $20\% < \delta < 50\%$ - удовлетворительной.

Для оценки точности модели были исследованы число дней с грозой и продолжительность гроз по станции г. Сочи (рис 5, рис 6)

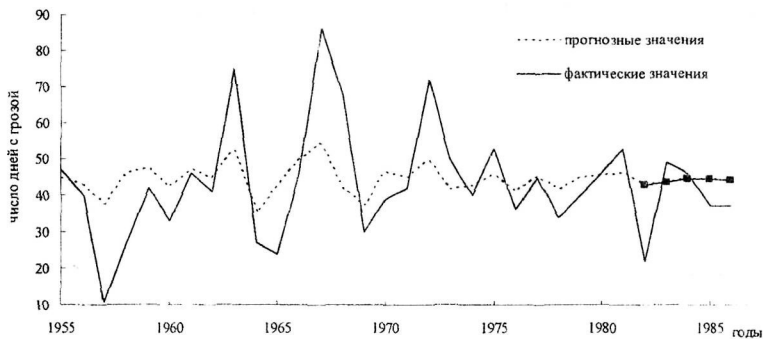


Рисунок 5 - Фактические и прогнозные значения числа дней с грозой на ретроспективном участке.

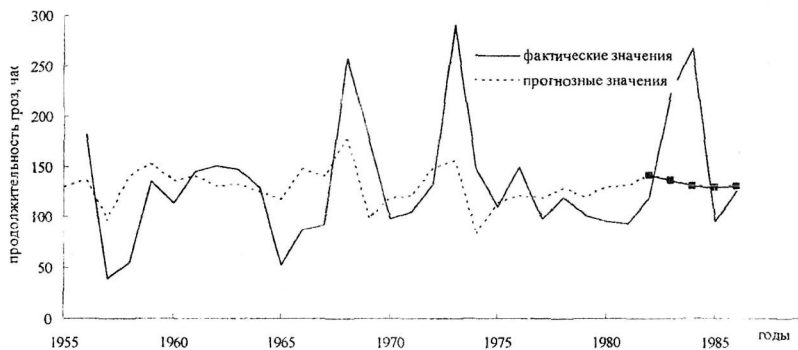


Рисунок 6 - Фактические и прогнозные значения продолжительности гроз на ретроспективном участке.

В таблице 1 приведены прогнозные и фактические значения числа дней с грозой, а также относительные ошибки прогноза по модулю.

В таблице 2 приведены прогнозные и фактические значения, а также относительные ошибки прогноза продолжительности гроз по модулю.

Таблица 1 - Оценка точности прогноза числа дней с грозой

Годы	Фактические значения	Прогнозные значения	Относительная ошибка по модулю, %
1982	22	43,06	19
1983	49	43,55	2,2
1984	46	44,46	0,66
1985	37	44,53	4
1986	37	44,08	3,8
Средняя относительная ошибка по модулю			6

Таблица 2 - Оценка точности прогноза продолжительности гроз

Годы	Фактические значения	Прогнозные значения	Относительная ошибка по модулю, %
1982	223	141,5	7,3
1983	268	135,78	9,8
1984	95,6	130,17	7,2
1985	125	128,64	0,58
1986	114	129,87	2,78
Средняя относительная ошибка по модулю			5,56

Из таблиц 1, 2 видно, что относительная ошибка прогноза изменяется в пределах от 0,5% до 19%, а среднее значение ошибки равно 6%, что свидетельствует о хорошей точности модели

Анализ рядов грозовой активности на ретроспективном ряде показал, что предлагаемый нами подход можно использовать для краткосрочного прогноза значений числа дней с грозой и среднегодовой продолжительности гроз

Тестирование исходных данных на стационарность свидетельствует о нестационарном характере динамики исходного ряда (наблюдается тренд и периодичность)

Значения АКФ медленно затухают, коэффициент автокорреляции первого порядка для рассматриваемых рядов равен 0,684, что характерно для ряда с четко выраженной тенденцией (наличие тренда и периодических колебаний) АКФ показывает, что в ряду числа дней с грозой имеются периодические колебания равные 11 годам, а в ряду продолжительности гроз 5 - 6 лет

В данной работе выполнен прогноз грозовых характеристик временными рядами. Для этого используется метод выделения скрытых периодичностей в их временных рядах

Сущность подхода заключается в следующем проводится выделение содержащихся во временных рядах скрытых гармонических составляющих, затем эти гармоники используются для построения модели изменения во времени метеорологических параметров Построенная таким образом модель используется для прогноза метеопараметров на ближайшие годы

В работе проведен анализ многолетних рядов (многолетний ход годового числа дней с грозой) на курортах Северного Кавказа (г Минводы, г Кисловодск) за период с 1927 по 2003 гг с использованием изложенных подходов

В результате такого анализа построена прогнозирующая функция и вычислены прогнозные значения годового хода числа дней с грозой до 2025 года

На рис 9 приведены тренд-циклические составляющие годового хода числа дней с грозой в Кисловодске, из которых видно, что кривые полученные методом классической декомпозиции (сплошная линия) и предлагаемым подходом (пунктирная линия), хорошо согласуются

На рис 10 приведены фактические (сплошная линия) и прогнозные значения (пунктирная линия) этого параметра

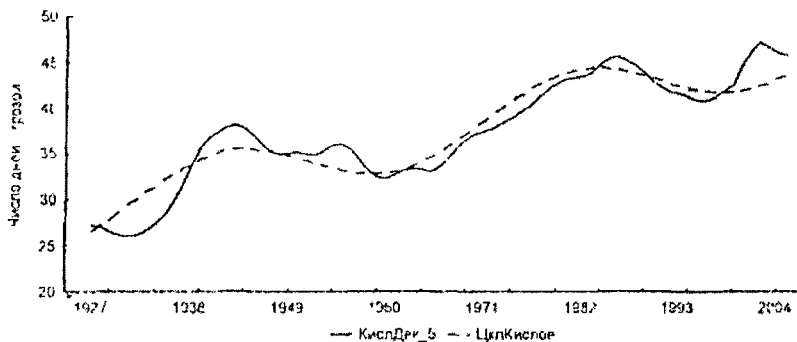


Рисунок 9 - Годовой ход числа дней с грозой

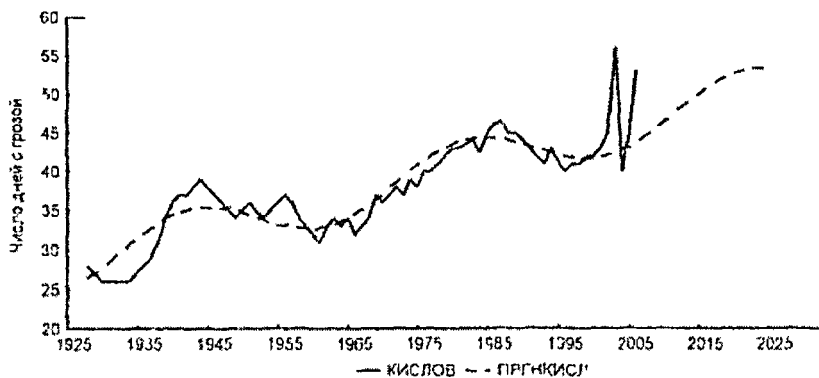


Рисунок 10 - Фактические и прогнозные значения годового хода числа дней с грозой

Из графика прогнозных значений следует, что в будущем значения этого параметра будут расти до конца прогнозируемого периода, затем наступит период спада числа дней с грозой

Аналогичные результаты получены по результатам исследований этого параметра по данным наблюдений в Минводах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Временной ход числа дней с грозой и их годовая продолжительность достаточно синхронны
2. Годы с минимальным числом дней с грозой характеризуются минимальной суммарной продолжительностью гроз И, наоборот, годам с максимумом грозových дней соответствуют максимальные значения продолжительности
3. Наблюдается устойчивая тенденция к изменению грозовой активности в целом на всей территории Северного Кавказа. В частности Среднегодовое число дней с грозой в зоне полупустыни уменьшилось на 3-5 дней, в степной зоне уменьшилось на 1-3 дня, в лесостепной увеличилось на 4-6 дней, в среднегорных ландшафтах увеличилось на 9-10 дней. Годовое число дней с грозой значительно возросло в среднегорной зоне в каждом 10-летии периода 1966-2005 гг. оно на 7-10 дней превосходило максимум периода до 1966 г. В остальных зонах в среднем за указанное 40-летие эта характеристика мало изменилась по сравнению с периодом до 1966 г., однако максимум перекрыт почти повсеместно и во все месяцы теп-

лого периода, кроме мая. Характерной особенностью является то, что все реже фиксируются одиночные дни с грозой, все чаще грозы отмечаются ежедневно в течение нескольких дней подряд. Методом статистической интерполяции показано, что такая тенденция (увеличение грозовой активности) прогнозируется с высокой вероятностью.

- 4 Метеостанции, расположенные достаточно близко в пределах мезорайона, например, Минеральные Воды и Кисловодск, на различных высотах фиксируют различные значения грозовой активности. При этом с увеличением высоты грозовая активность и продолжительность гроз возрастают.
- 5 Наибольшая грозовая активность отмечается в июне и июле. Гистограмма повторяемости гроз варьируется по сезону от 1 до 60 дней с грозой.
- 6 Наибольшие вариации грозовой активности и продолжительности гроз фиксируются в западной части региона, здесь среднее число дней с грозой около 40. На востоке, в районе побережья Каспийского моря, среднее число дней с грозой составляет около 20.
- 7 Проведен анализ спектральной структуры временных рядов числа дней с грозой и среднегодовой продолжительности гроз для некоторых районов Северного Кавказа.
- 8 Предложена методика прогноза грозо-разрядных характеристик с использованием стохастических моделей. Анализ рядов грозовой активности и среднегодовой продолжительности гроз на ретроспективном ряде показал, что предлагаемый нами подход можно использовать для краткосрочного прогноза их значений в предстоящие годы.
- 9 Показано, что число дней с грозой и продолжительность гроз достаточно хорошо анализируются и прогнозируются моделями как авторегрессии, так и скользящей средней. Прогнозные значения числа дней с грозой меняются в пределах 40-47, а продолжительность гроз 132-135 ч.
- 10 Построена стохастическая модель, которая удовлетворительно описывает изменение параметров грозо-разрядной деятельности, приведены точность метода и прогнозные значения параметров числа дней с грозой и средней продолжительности гроз.
- 11 Значения АКФ медленно затухают, коэффициент автокорреляции первого порядка для рассматриваемых рядов равен 0,684, что характерно для ряда с четко выраженной тенденцией (наличие тренда и периодических колебаний). АКФ показывает, что в ряду числа дней с грозой (район Сочи) имеются периодические колебания равные 11 годам, а в ряду продолжительности гроз - 5 - 6 лет.

- 12 Построена прогнозирующая функция и вычислены прогнозные значения хода числа дней с грозой до 2025 г. Согласно полученных данных, ожидается устойчивая тенденция роста числа дней с грозой в предгорной части территории Северного Кавказа

Список работ автора, опубликованных по теме диссертации:

- 1 Аджиев А Х , Созаева Л Т , Тумгоева Х А Исследование изменчивости грозоразрядной деятельности на территории г Сочи// Сборник трудов VI Российской конференции по атмосферному электричеству - Н Новгород, 1-7 окт 2007 г - С 208-209
- 2 Аджиев А Х , Аджиева А А , Тумгоева Х А. Мониторинг грозовых явлений на Северном Кавказе// Материалы второй международной конференции «Моделирование устойчивого регионального развития», Нальчик, 14-18 мая 2007 - С 6-8
- 3 Аджиева А А , Тумгоева Х А , Шаповалов А В Характеристики грозовой деятельности на территории Черноморского побережья Кавказа// Сборник трудов VI Российской конференции по атмосферному электричеству - Н Новгород, 1-7 окт 2007 г - С 210-212
- 4 Аджиева А А , Тумгоева Х А Повторяемость обильных осадков на Черноморском побережье Кавказа и сопровождающие их грозовые явления// Паводковые потоки и водные бассейны проблемы регулирования водотоков, безопасность и надежность ГТС, мониторинг водных объектов и защита водоохранных зон Сборник статей - Нальчик-Махачкала, 2007 - С 80-85
5. Аджиев А Х , Аджиева А А , Тумгоева Х А Влияние орографии на характеристики грозовой деятельности// Известия вузов Северо-Кавказский регион Естественные науки - 2008 - №2 - С 109-112
- 6 Аджиева А А , Тумгоева Х А Динамика грозовых вариаций грозовой активности на Северном Кавказе// Материалы XI Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» (16-20 апреля 2007 г) - Изд-во Томского государственного педагогического университета – 2008 –Т 1, ч 2 - С 55-59

- 7 Аджиев А Х , Аджиева А А , Тумгоева Х А Мониторинг грозových явлений на Северном Кавказе// Известия КБНЦРАН -2008 - №3(23) - С 104-110

Сдано в набор 5 09 08 г Подписано в печать 6 09 08 г
Гарнитура Таймс Печать трафаретная Формат 60×84 ¹/₁₆
Бумага писчая Усл п л 1,0. Тираж 80 Заказ №917

Государственное учреждение
«Высокогорный геофизический институт»