

СТАТЬИ

УДК 551.515.4(470.6)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРОЗОЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ГРОЗ В ГОДУ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА¹Аджиева А.А., ^{2,3}Керефова З.М., ³Гятов Р.А., ⁴Тумгоева Х.А.¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, e-mail: adzhieva@mail.ru;²ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru;³Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: gyatov88@mail.ru;⁴Чеченский государственный университет, Грозный, e-mail: hadiga-71@mail.ru

Гроза является одним из наиболее опасных метеорологических явлений. Поражению от грозовой деятельности подвержены как наземные объекты, так и летательные аппараты: самолеты и ракеты. Основной задачей настоящей работы является сравнительная оценка поражаемости зданий и сооружений молниями в зависимости от методики определения продолжительности гроз в часах для территорий Северного Кавказа. Для определения поражаемости различных объектов молниями необходимы точные значения удельной поражаемости молниями на участке расположения объектов. Анализ выполнен на основе данных грозоопелентационной сети (ГПС) ФГБУ «ВГИ» и данных метеостанций. Для решения указанной задачи выполнено исследование взаимосвязи между числом дней с грозой и продолжительностью гроз в часах для территорий Северного Кавказа. В работе для определения вышеуказанных статистических характеристик гроз и их вариаций на Северном Кавказе впервые в России был использован грозорегистратор LS 8000 производства фирмы «Vaisala», Финляндия. Были отобраны данные о грозовых явлениях на территории Северного Кавказа за многолетний период наблюдений, с 2008 по 2019 г. На их основе для различных территорий сгруппированы для анализа: число дней с грозой в месяц, в год, а также продолжительность грозы в месяц и в год. Актуальной задачей для молниезащиты является уточнение климатических карт продолжительности гроз. В работе получены карты районирования территории России по среднегодовой продолжительности гроз в часах, построенные по данным, полученным на метеорологических станциях визуально-слуховым методом и по инструментальным наблюдениям.

Ключевые слова: молния, продолжительность гроз, удельная поражаемость, опасные явления погоды, корреляционный анализ, расчет поражений зданий и сооружений

RESEARCH OF THE NUMBER OF DAYS WITH A THUNDERSTORM AND THE DURATION OF THUNDERSTORMS PER YEAR IN THE NORTH CAUCASUS¹Adzhieva A.A., ^{2,3}Kerefova Z.M., ³Gyatov R.A., ⁴Tumgoeva Kh.A.¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University, Nalchik, e-mail: adzhieva@mail.ru;²High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru;³Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: gyatov88@mail.ru;⁴Chechen State University, Grozny, e-mail: hadiga-71@mail.ru

Thunderstorm is one of the most dangerous meteorological phenomena. Both ground objects and aircraft: airplanes and missiles are susceptible to damage from thunderstorm activity. The main objective of this work is a comparative assessment of the impact of buildings and structures by lightning, depending on the method for determining the duration of thunderstorms in hours for the territories of the North Caucasus. To determine the susceptibility of various objects to lightning, precise values of the specific susceptibility to lightning at the site of the location of objects are required. The analysis was carried out on the basis of data from the lightning direction finding network (GPS) of the Federal State Institution VGI and data from meteorological stations. To solve this problem, a study was made of the relationship between the number of days with a thunderstorm and the duration of thunderstorms in hours for the territories of the North Caucasus. To determine the above statistical characteristics of thunderstorms and their variations in the North Caucasus, for the first time in Russia, an LS 8000 thunderstorm detector manufactured by Vaisala Finland was used. We selected data on thunderstorm phenomena in the North Caucasus for a long-term period, from 2008 to 2019 observations. On their basis, for different territories, they are grouped for analysis: the number of days with a thunderstorm per month, per year, as well as the duration of a thunderstorm per month and per year. An urgent task for lightning protection is to clarify climatic maps of thunderstorm duration. In this work, maps of the zoning of the territory of Russia were obtained by the average annual duration of thunderstorms in hours, constructed according to data obtained at meteorological stations by the visual-auditory method and from instrumental observations.

Keywords: lightning, duration of thunderstorms, specific susceptibility, dangerous weather phenomena, correlation analysis, calculation of damage to buildings and structures

Гроза – это комплексное атмосферное явление, признаками которого являются многократные электрические разряды меж-

ду разноименно заряженными областями облака – облачные разряды, межоблачные разряды или между облаками и землей – на-

земные разряды. Оперативное определение ее местоположения, интенсивности, направления и скорости перемещения имеет большое практическое значение для многих отраслей хозяйственной деятельности человека.

Используемые в настоящее время нормативные документы [1–3] слабо ориентированы на использование достаточно неточных, осредненных для больших территорий характеристик грозовой активности и параметров молний. Намечаемый в России переход к цифровым управляющим системам, цифровой экономике требует принципиального повышения надежности функционирования молниезащитных объектов, но и управляющих систем в режимах, связанных с воздействием тока молнии и электромагнитного поля молнии.

Цель исследования – определение взаимосвязи числа дней с грозой и продолжительности гроз на различных территориях по данным визуальных и инструментальных наблюдений.

Материалы и методы исследования

Количество поражений молниями в год различных объектов зависит от его геометрических размеров и количества поражений молниями земной поверхности в год n , $1/(\text{км}^2 \text{ в год})$ на территории нахождения объекта.

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам (1) и (2). Для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни):

$$N = 9\pi h^2 n \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы:

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2]n \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения; S , L – соответственно ширина и длина здания или сооружения; n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности (удельная плотность, ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Для определения поражаемости различных объектов молниями необходимы точ-

ные значения удельной поражаемости молниями на участке расположения объектов.

Плотность ударов молнии в землю или удельная поражаемость, выраженная через число поражений 1 км^2 земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта. Если же плотность ударов молнии в землю n , $1/(\text{км}^2 \text{ в год})$ неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле:

$$n = 6,7 \cdot \frac{T}{100}, \quad (3)$$

где T – среднегодовая продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности.

Карта районирования территории России по среднегодовой продолжительности гроз в часах согласно [3] представлена на рис. 1. Карта построена по данным, полученным на метеорологических станциях визуально-слуховым методом.

Актуальной задачей для молниезащиты является уточнение климатических карт продолжительности гроз на основе инструментальных наблюдений за грозами, отличающихся от визуальных методов значительной точностью и оперативностью. Используя материалы инструментальных наблюдений грозопеленгационной сети ФГБУ «ВГИ» [4], авторы построили карту среднегодовой продолжительности гроз на Северном Кавказе (рис. 2).

Источником информации о грозах для создания карт, представленных на рис. 1, являются визуальные наблюдения за числом дней с грозой, которые производятся на метеостанциях по территории России [5, 6]. По этим данным оцениваются другие параметры гроз, например удельная поражаемость территории молниями.

Карты районирования территории России по грозовым характеристикам построены на данных метеостанций о числе дней с грозой за многолетние периоды наблюдений и взаимосвязи между среднегодовыми значениями числа дней с грозой и продолжительностью гроз. Связь средней за год продолжительности гроз в часах T и числа дней с грозой D определяется выражением

$$T = K \cdot D, \quad (4)$$

где K – размерный коэффициент, принимаемый 2 ч/день .

На сегодняшний день существуют как визуальный, так и инструментальный методы наблюдения за грозами.

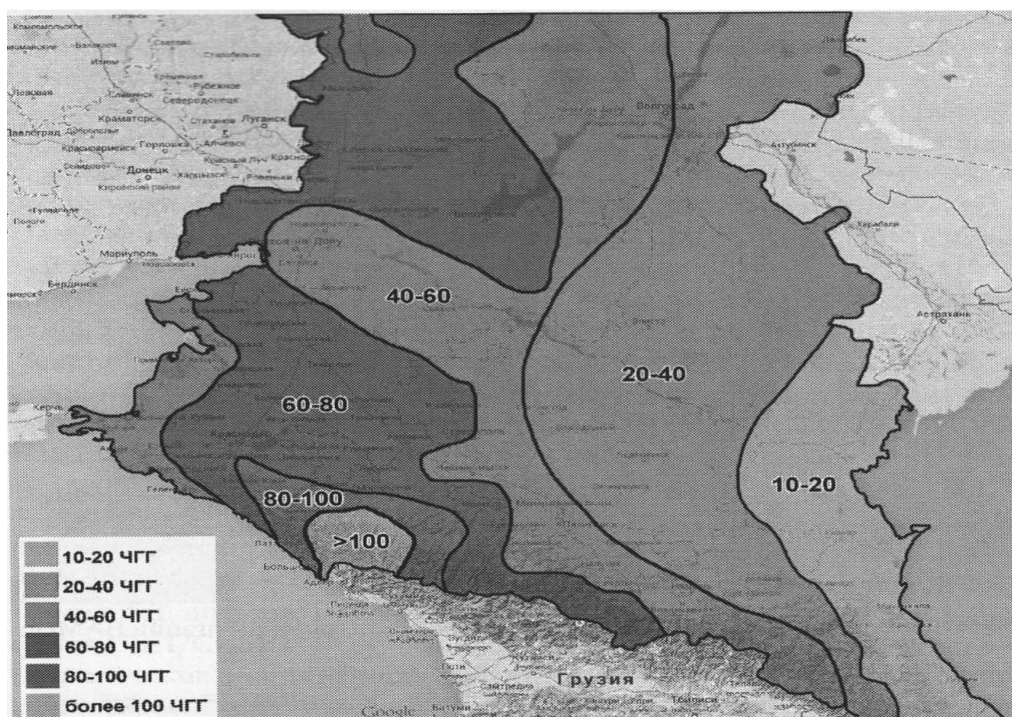


Рис. 1. Карта среднегодовой продолжительности гроз в часах по визуально-слуховым наблюдениям

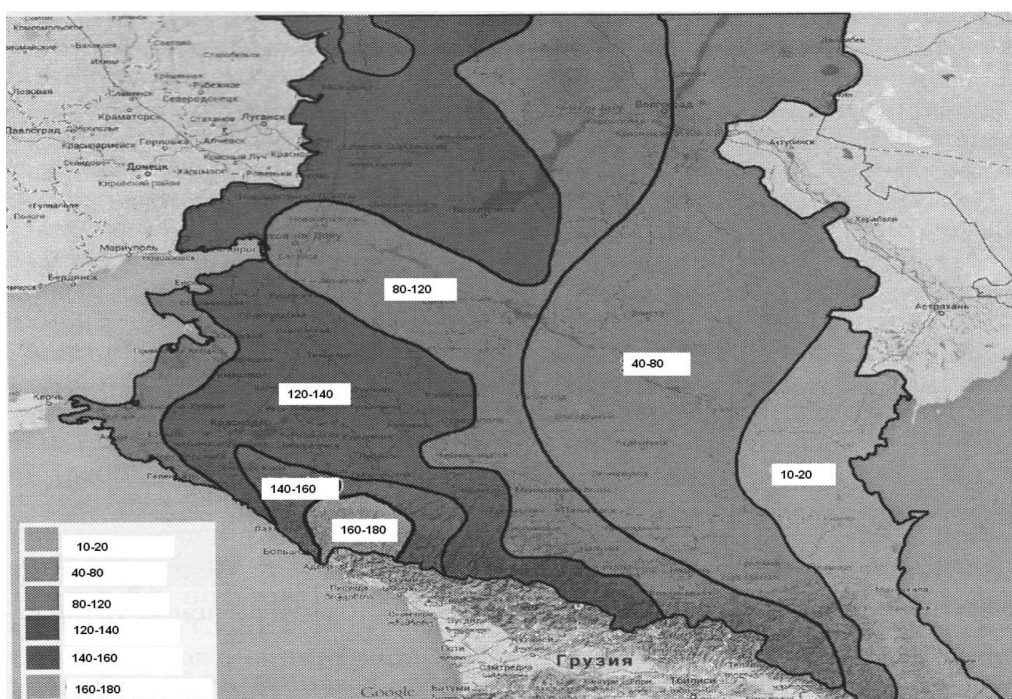


Рис. 2. Карта среднегодовой продолжительности гроз в часах по инструментальным наблюдениям

Система регистрации характеристик гроз – грозопеленгационная сеть (ГПС) LS 8000 производства фирмы «Vaisala» впер-

вые в России развернута в ВГИ на Северном Кавказе в 2008 г. [4]. ГПС позволяет за короткие сроки собрать информацию о клима-

тических характеристиках гроз (число дней с грозой, продолжительность гроз) и параметров молний.

Результаты исследования и их обсуждение

Основной задачей настоящей работы является сравнительная оценка поражаемости зданий и сооружений молниями в зависимости от методики определения продолжительности гроз в часах для территорий Северного Кавказа. Анализ выполнен на основе данных ГПС ФГБУ «ВГИ» и данных метеостанций [2, 3, 7].

Для изучения взаимосвязи числа дней с грозой, фиксируемых метеостанциями, и продолжительности гроз в часах за эти дни использованы инструментальные наблюдения ГПС ВГИ. Были отобраны данные о грозовых явлениях на территории Северного Кавказа за многолетний период наблюдений, с 2008 по 2019 г. На их основе для различных территорий сгруппированы для анализа: число дней с грозой в месяц, в год, а также продолжительность грозы в месяц и в год. На рис. 3 представлен годовой ход месячных значений числа дней с грозой и их продолжительности на территориях мониторинга на метеостанциях. Радиус наблюдаемой метеостанцией территории составляет 15 км.

Собранные многолетние данные ГПС ФГБУ «ВГИ» были сгруппированы по мере возрастания параметров – числа дней с грозой и продолжительности гроз (рис. 3 и 4). Выполнен анализ корреляционной связи между числом дней с грозой D и продол-

жительности гроз T , а также выражения их корреляционной взаимосвязи между характеристиками D и T .

Выполнен поиск зависимости между продолжительностью гроз T и числом дней с грозой D и сделана оценка значимости зависимости. Коэффициент корреляции равен 0,98.

Исследуя статистическую зависимость между значениями числа дней с грозой D в интервале от 0 до 30,5 дня и продолжительность гроз в часах в диапазоне от 0 до 300 ч, был рассчитан коэффициент корреляции.

Получен высокий и статистически значимый коэффициент корреляции – 0,98, следовательно, возможно построение регрессионной модели, отражающей реальные закономерности взаимосвязи между D и T . Параметры регрессионной модели вычислены известным методом наименьших квадратов. В соответствии с теорией статистики уравнение простой регрессии имеет вид

$$T = 10,66 * e^{0,15 * D}. \quad (5)$$

Инструментальными наблюдениями ГПС ВГИ получено, что на пункте наблюдений (метеостанции) среднегодовое число дней с грозой составляет 75 дней, продолжительность гроз 200 ч. Для сравнения, формула (4) для такого количества дней с грозой дает 150 ч, что меньше на 50 ч. Такая разница приводит к значительному расхождению (до 30 %) количества поражений молниями зданий и сооружений N , получаемых визуально-слуховым методом и инструментальными наблюдениями (таблица).

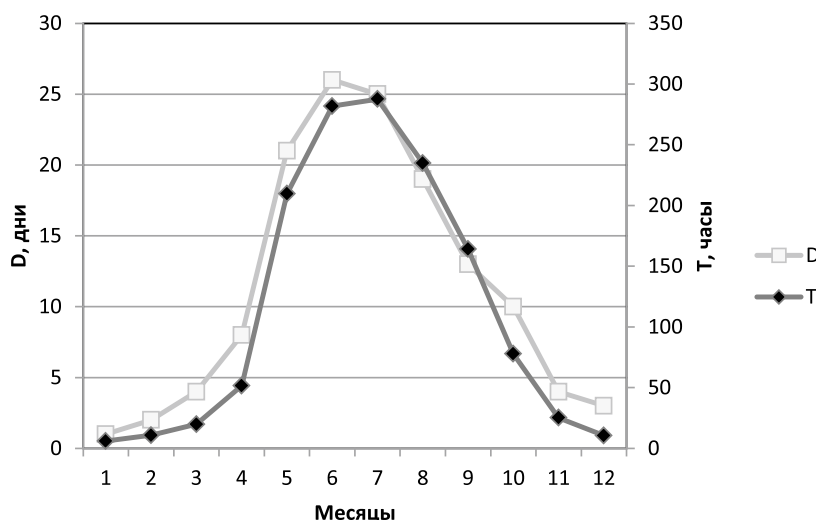


Рис. 3. График зависимости числа дней с грозой и продолжительности гроз по месяцам

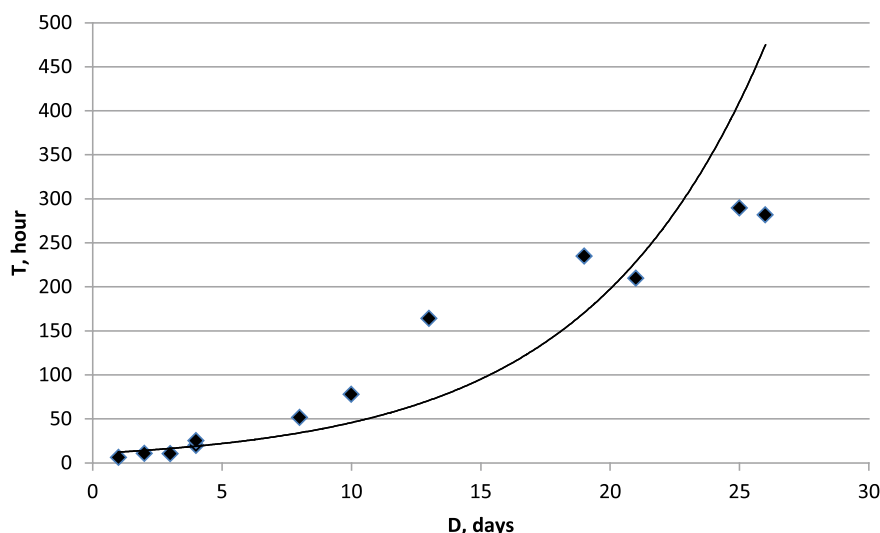


Рис. 4. Зависимость продолжительности гроз от числа дней с грозой

Количество поражений молниями в год зданий и сооружений N , по визуально-слуховым наблюдениям на метеостанциях и инструментальным наблюдениям

№ п/п	Вид объекта	По данным метеостанций			По данным LS8000		
		T , час	n , $1/(\text{км}^2 \text{ в год})$	N	T , час	n , $1/(\text{км}^2 \text{ в год})$	N
1	Сосредоточенные здания (трубы, вышки, башни). $h = 100$ м	150	10,0	2,8	200	14,0	3,9
2	Здания и сооружения. $H = 30$ м, $S = 50$ м, $L = 200$ м	150	10,0	0,7	200	14,0	1,0

Выводы

Выполнена сравнительная оценка поражаемости зданий и сооружений молниями в зависимости от методики определения продолжительности гроз в часах для территорий Северного Кавказа. Анализ выполнен на основе данных ГПС ФГБУ «ВГИ» и данных метеостанций.

Инструментальными наблюдениями ГПС ВГИ получено, что на пункте наблюдений (метеостанции) среднегодовое число дней с грозой составляет 75 дней, продолжительность гроз 200 ч. По результатам анализа многолетних инструментальных данных зависимости между продолжительностью гроз T и числом дней с грозой D в виде экспоненциального выражения и сделана оценка значимости зависимости.

Список литературы / References

1. РД34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Утверждена Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87. М., 1987. 10 с.
2. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. ВМО-№ 8. Изд. ВМО, 2014. 778 с.
- Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. Ed. WMO, 2014. 778 p. (in Russian).

3. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. 6-е изд. М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. 607 с.

Rules for Electrical Installation / Ministerstvo topliva i energetiki Rossiyskoy Federatsii. 6-e izd. M.: Glavgosenergonadzor Rossi, 1998. 607 p. (in Russian).

4. Аджиев А.Х., Тапасханов В.О., Стасенко В.Н. Система грозоопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 2–11.

Adzhiev A.Kh., Tapaskhanov V.O., Stasenko V.N. Lightning direction finding system in the North Caucasus // Meteorologiya i gidrologiya. 2013. № 1. P. 5–11 (in Russian).

5. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация / Под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.

Atlas of natural and man-made hazards and emergency risks situations. Russian Federation / Pod obshch. red. S.K. Shoygu. M.: Dizayn. Informatsiya. Kartografiya, 2010. 696 p. (in Russian).

6. Аджиев А.Х., Куповых Г.В., Андриевская В.Ю., Юрченко Н.В., Кудринская Т.В., Редин А.А. Мониторинг характеристик грозовой активности на юге европейской части России // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 4. С. 212–223. DOI: 10.23683/2311-3103-2017-4-212-223.

Adzhiev A.Kh., Kupovykh G.V., Andrievskaya V.Yu., Yurchenko N.V., Kudrinskaya T.V., Redin A.A. Monitoring of characteristics of thunderstorm activity in the south of the European part of Russia // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki. 2017. № 4. P. 212–223 (in Russian).

7. Аджиев А.Х., Князева З.М., Думаева Л.В. Анализ грозовой активности на территории Западного Кавказа по данным инструментальных регистраций и наблюдений на метеостанциях // Известия КБНЦ РАН. 2013. № 3. С. 31–37.

Adzhiev A.Kh., Knyazeva Z.M., Dumaeva L.V. Thunderstorm analysis activity in the Western Caucasus according to instrumental registrations and observations at meteorological stations // Izvestiya KBNTS RAN. 2013. № 3. P. 31–37 (in Russian).