

1.6.18.  
УДК 551.515.4  
DOI:

НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ  
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ)  
10.37493/2308-4758.2023.4.4

**Аджиев А.Х.,  
Черкесов А.А.,  
Керефова З.М.**

Высокогорный геофизический институт,  
г. Нальчик,  
Россия

## **РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)**

Введение.

Грозовая активность относится к одной из региональных климатических характеристик ограниченной территории. Следствием гроз являются молниевые разряды и возрастание напряженности электрического поля приземного слоя атмосферы. Рассмотрены молниевые разряды, которые подразделяются на положительные и отрицательные. Проанализировано и подсчитано количество грозовых дней зафиксированных на территории КБР за период с 2012 по 2022 г. Показано, что рельеф и климат территории исследования способствуют неоднородному развитию грозовых процессов.

Материалы и методы исследований.

В работе использована грозопеленгационная сеть ФГБУ «ВГИ» с пространственно разнесенными датчиками LS8000 и LS7002. Для определения характеристик грозовой деятельности в работе использованы многолетние данные указанной грозопеленгационной сети. Проведенный анализ данных с грозопеленгационной системы LS8000 (ГПС) подтверждает, что по территории Кабардино-Балкарской республики наземные молнии распределены неравномерно. Для анализа грозовой активности использовались данные с 2012 г. по 2022 г. и исследовался многолетний ход следующих характеристик:

- количество грозовых дней в различные месяцы года;
- общее количество зарегистрированных на территории Кабардино-Балкарской Республики молний всех типов;
- количество молний отрицательной полярности;
- количество зарегистрированных положительных молний;
- значения (пиковые) токов молний в наземных разрядах;
- средняя температура воздуха за теплый период года.

Результаты исследований

и их обсуждение.

За исследуемый период времени на территории КБР было зафиксировано системой грозорегистрации 869 дней с грозой. День считался грозовым, если было отмечено не менее че-

тырех молний в сутки. Наибольшее число дней с грозой – 90 отмечены в 2016 и в 2018 г., наименьшее число дней с грозой отмечено в 2022 г. Этот год по данным метеостанций Росгидромета на территории КБР отмечен как наиболее засушливый год. Среднегодовое число дней с грозами в рассматриваемом временном интервале составило 79 дней, что на 19 превышает рекомендованное для молниезащитных мероприятий.

**Выводы.** Проведенный анализ показал тенденцию снижения грозовой активности на территории Кабардино-Балкарской республики, а также значений количества молний в год отрицательной полярности. Получены выражения линейного тренда для указанных характеристик.

**Ключевые слова:** гроза, молния, грозовая активность, молниевые разряды, орография, молниезащита

**Adzhiev A.Kh.,** High Mountain Geophysical Institute,  
**Cherkesov A.A.,** Nalchik,  
**Kerefova Z.M.** Russia

### **Regional features of thunderstorm activity (on the example of the territory of the Kabardino-Balkarian Republic)**

**Introduction.** Thunderstorm activity refers to one of the regional climatic characteristics of a limited area. Thunderstorms result in lightning discharges and an increase in the electric field strength of the surface layer of the atmosphere. Considered lightning discharges, which are divided into positive and negative. The number of thunderstorm days recorded on the territory of the KBR for the period from 2012 to 2022 was analyzed and calculated. It is shown that the relief and climate of the study area contribute to the heterogeneous development of thunderstorm processes.

**Materials and research methods.** The lightning direction finding network of the Federal State Budgetary Institution "VGI" with spatially separated sensors LS8000 and LS7002 was used in the work. To determine the characteristics of thunderstorm activity, we used long-term data from the specified lightning direction finding network. The analysis of data from the LS8000 lightning direction finding system (GPS) confirms that ground-based lightning is unevenly distributed over the territory of the Kabardino-Balkarian Republic. For the analysis of thunderstorm activity, data over the period 2012 to 2022 were used. The following characteristics were studied the long-term course: the

number of thunderstorm days in different months of the year; the total number of lightning of all types registered in the territory of the Kabardino-Balkarian Republic; number of lightnings of negative polarity; number of registered positive lightning; values (peak) of lightning currents in ground discharges; average air temperature for the warm period of the year.

Research results and their discussion.

During the studied period of time on the territory of the KBR, 869 days with a thunderstorm were recorded by the lightning registration system. A day was considered a thunderstorm if at least four lightning strikes were recorded per day. The largest number of days with 90 thunderstorms were noted in 2016 and 2018; the smallest number of days with thunderstorms was noted in 2022. This year, according to the data of Roshydromet, weather stations on the territory of the KBR, was marked as the driest year. The average annual number of days with thunderstorms in the considered time interval was 79 days, which is 19 more than recommended for lightning protection measures.

Conclusions.

The analysis performed showed a trend towards a decrease in thunderstorm activity on the territory of the Kabardino-Balkarian Republic, as well as the values of the number of lightning per year of negative polarity. Linear trend expressions for the indicated characteristics are obtained.

Keywords:

thunderstorm, lightning, lightning activity, lightning discharges, orography, lightning protection

## Введение

Одной из региональных климатических характеристик ограниченной территории является грозовая активность. В научной и справочной литературе [7, 8, 4] принято, что гроза – это атмосферное явление, при котором в кучево-дождевых облаках или между облаком и земной поверхностью возникают сильные электрические разряды, сопровождающиеся громом.

Следствиями грозовой деятельности являются молниевые разряды и существенные изменения напряженности электрического поля приземной атмосферы. При этом молниевые разряды подразделяются на: наземные положительные, наземные отрицательные, облачные и межоблачные [4]. Наземные положительные молнии – это разряды между отрицательно заряженной областью облака и

земной поверхностью. Как правило, из грозового облака фиксируется значительно большее количество отрицательных молний. Эта особенность характерна на всей грозоактивной территории Земли. Для Северного Кавказа соотношение по многолетним данным [1] составляет в среднем 1 положительный разряд к 19 отрицательным.

Международным советом по большим электрическим системам 75% СИГРЭ (Conseil International des Grands Réseaux Electriques — CIGRE) для проведения молниезащитных мероприятий рекомендовано соотношение 95% в общем количестве молний облако-земля отрицательных 90%, а положительных 10% [10]. Аналогичные рекомендации представлены и в российском нормативном документе [9].

Облачные и межоблачные молниевые разряды происходят между разнозаряженными областями в одном облаке или в соседних облаках и поэтому не принято их классифицировать по знаку. Грозовая активность и молнии представляют значительную опасность для объектов жизнедеятельности, людей и животных. Особо подверженными грозовой активности являются авиация, линии электроснабжения, помехозависимые объекты и сооружения. Для правильной организации молниезащитных мероприятий и для определения региональных особенностей климата актуальной задачей является мониторинг и анализ многолетней динамики грозовой активности на ограниченной территории с использованием инструментальных средств измерений.

Одним из негативных воздействий грозовых явлений на природную среду являются ежегодные пожары, вызываемые разрядами молний на землю. Отмечено, что более 10% пожаров в лесах России инициированы молниями и ущерб от их последствий составляет миллиарды рублей в год [6].

Данная работа посвящена исследованию региональных особенностей развития грозовой активности на примере территории Кабардино-Балкарской республики. Общая территория исследования составляет 12500 км<sup>2</sup>.

По особенностям своего строения и характеру рельефа территория делится на три части: равнинную (33%), предгорную (16%) и горную (51%). Горная часть представлена тремя параллельными

хребтами, протянувшимися с северо-запада на юго-восток: Главный Кавказский или Водораздельный хребет, Боковой и Скалистый.

Как и весь Северный Кавказ, территория находится в южной части умеренного климатического пояса. По сочетанию тепла и влаги она расположена в двух климатических областях: в Предкавказье и Высокогорном Кавказе. Расположенная в относительно низких южных широтах территория республики получает значительные суммы солнечной радиации, что определяет обилие солнечного света и тепла. Максимальные суммы радиации поступают в мае-июле при наибольших высотах солнца и продолжительности дня. Территория Кабардино-Балкарии, отгороженная с юга и юго-запада горами Большого Кавказа, открыта с севера и северо-запада для свободного вторжения холодных воздушных масс из Арктики, что способствует частому развитию здесь в теплый период года конвективных грозоградовых облаков.

Таким образом, рельеф и климат территории исследования способствует неоднородному развитию грозовых процессов.

### **Материалы и методы исследований**

Для исследования многолетней динамики грозовой активности на территории Кабардино-Балкарской республики были использованы данные грозопеленгационной системы LS 8000 (LS7002) ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» [2]. В используемой системе грозопеленгации для определения координат местоположения молнии и времени разряда применяется комбинация разностно-дальномерного и магнитно-пеленгационного методов.

Производителем системы грозорегистрации является фирма Vaisala (Финляндия). Указанные типы грозорегистрации широко используются как за рубежом [12–17], так и на территории Российской Федерации [3, 11].

В настоящее время датчиками систем LS8000 (LS7002) представляется возможным сбор грозоразрядной информации со всей территории европейской части России, включая Закавказье и Крым. Кроме того, на территории России в Хабаровском крае развернуты 16 датчиков системы LS 7002.

Использованная в настоящей работе система грозопеленгации фиксирует координаты молниевых разрядов в системе DVG, деля их на типы:

- наземные положительные;
- наземные отрицательные;
- облачные (межоблачные).

Ошибки в определении координат места разряда молнии не превышают 300 м. Точность определения времени разряда 100 наносекунд. Аппаратно-программное обеспечение системы позволяет архивировать и осуществлять анализ данных, синтезировать координаты молнии с картами местности, картинками радиоза и космоснимками.

Одним из погодоформирующих факторов является температура воздуха. В работе выполнен сравнительный анализ грозовых факторов с температурой воздуха. Сравнивались многолетний ход грозовых явлений и средней температуры теплого периода года. Общепринято, что грозовые процессы являются следствием процессов облако- и осадкообразования. На развитие конвективных облаков существенное влияние оказывает температура окружающей среды. При этом следует отметить, что, как отмечено в работах А.В. Шаповалова и других [5], электрические силы оказывают ускоряющее воздействие на процессы коагуляции, агрегации облачных частиц, ускоряя рост облачных частиц и как следствие облако- и осадкообразование.

Анализируемые данные грозовой активности охватывают период с 2012 г. по 2022 г. В работе исследуется многолетний ход следующих характеристик:

- количество грозовых дней в различные месяцы года;
- общее количество зарегистрированных на территории Кабардино-Балкарской Республики молний всех типов;
- количество молний отрицательной полярности;
- количество зарегистрированных положительных молний;

- значения (пиковые) токов молний в наземных разрядах;
- средняя температура воздуха за теплый период года.

При этом следует отметить, что для исключения возможных ошибок в работе днем с грозой считается, если в течение суток зарегистрировано не менее 4-х молний. Данное решение принято исходя из опыта эксплуатации грозорегистратора LS8000 и в целях исключения возможных ошибок в определении грозового дня на основе инструментальных наблюдений.

На метеорологических станциях Росгидромета грозовой день определяется визуально-слуховым методом. И грозовым днем считается, если зафиксирован видимый разряд молнии или слышимый гром от разряда молнии. Радиус сбора такой информации в зависимости от ороеграфии местности 20–30 км. У грозопеленгаторов LS 8000 и LS 7002 дальность уверенной регистрации наземных молний — 625 км, а облачных около 325 км.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Всего на территории исследования за период с 2012 г. по 2022 г. зарегистрировано используемой системой грозорегистрации 869 дней, классифицированные, как грозовые (табл. 1). При этом наибольшее число дней с грозой – 90 отмечены в 2016 и в 2018 гг. Наименьшее число дней с грозой отмечено в 2022 г. Этот год по данным метеостанций Росгидромета на территории КБР отмечен как наиболее засушливый год. Количество осадков на исследуемой территории по метеостанциям Нальчик, Прохладный составили 384 и 339 мм соответственно. Теплый период этого года также был наиболее холодным в рассматриваемом временном периоде.

Среднегодовое число дней с грозами в рассматриваемом временном интервале составило 79 дней, что на 19 превышает рекомендованное для молниезащитных мероприятий. Количество дней с грозой в средних широтах принято 60 [8]. Оно основано на данных метеостанций и к настоящему времени алгоритм сопоставления инструментальных (грозопеленгационных) данных с визуально-слуховыми наблюдениями не разработан.

Таблица 1. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ГРОЗОВЫМИ РАЗРЯДАМИ  
НА ТЕРРИТОРИИ КБР  
Tab. 1. The number of days with lightning discharges in the territory of the  
KBR

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Январь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Февраль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Март	0	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0
Апрель	6	3	4	4	6	4	2	4	0	7	0
Май	24	16	21	9	18	13	20	14	10	15	0
Июнь	14	22	16	21	18	16	22	26	21	19	10
Июль	17	17	16	15	17	15	20	22	21	17	13
Август	16	14	18	19	24	22	12	11	9	11	15
Сентябрь	3	8	12	12	6	11	11	5	0	5	9
Октябрь	4	0	0	2	0	1	1	2	2	2	0
Ноябрь	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Декабрь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Всего</b>	<b>84</b>	<b>81</b>	<b>87</b>	<b>82</b>	<b>90</b>	<b>82</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>65</b>	<b>76</b>	<b>47</b>

Из таблицы 1 следует, что на территории КБР грозы наблюдаются также в марте и апреле, хотя возможны отдельные грозовые разряды и в зимний период при вторжении теплого атмосферного фронта. На территории КБР это явление наблюдается редко и имеет место 1–2 раза в 10 лет. Несмотря на большую длительность сезона грозовых явлений – 8 месяцев в году, основное количество гроз на исследуемой территории наблюдается с мая по август месяцы.

В рассматриваемом временном интервале, анализ данных показывает, что за указанные четыре месяца (май, июнь, июль и август) в среднем наблюдались 14,5; 18,6; 17,3 и 15,7 день с грозowymi разрядами соответственно. И наиболее грозоактивным месяцем в рассматриваемом периоде является июнь месяц (рис. 1).

Из собранных данных наибольшее число дней с грозой в месяц наблюдалось в июне 2019 года. В этом месяце системой грозо-регистрации ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» грозы регистрировались 27 дней. Наименьшее количество грозowych дней в течение месяца зарегистрировано в мае 2015 года и августе 2020 г. Всего 9 дней с грозой за один месяц.

Статистический анализ показал, что рассматриваемый временной интервал для территории исследования характеризовался ежегодным уменьшением грозовой активности (рис. 2).

На рисунке 2 представлен линейный тренд числа дней с грозой на территории Кабардино-Балкарской республики.

Выражение линейного тренда снижения грозовой активности на исследуемой территории имеет вид:

$$y = -2,409x + 93,455 \quad (1),$$

где  $x$  – годы;  
 $y$  – количество грозowych дней.

Как видно из рисунка 2 и выражения (1), грозовая активность на территории КБР за последние 11 лет снижается в среднем на 2,4 грозowych дня в год.

Важной характеристикой грозовой деятельности на ограниченной территории является количество зарегистрированных разрядов молний различных типов. На рисунке 3 представлены количество зарегистрированных ударов молний в землю (LF-разряды) в различные годы исследуемого периода. Для сравнения на этом же рисунке представлены значения среднемесячной температуры теплого периода года по данным метеостанции «Нальчик».

Из рисунка следует, что в различные годы анализируемого периода фиксировались от 5 000 до 22 500 разрядов в землю в год. При

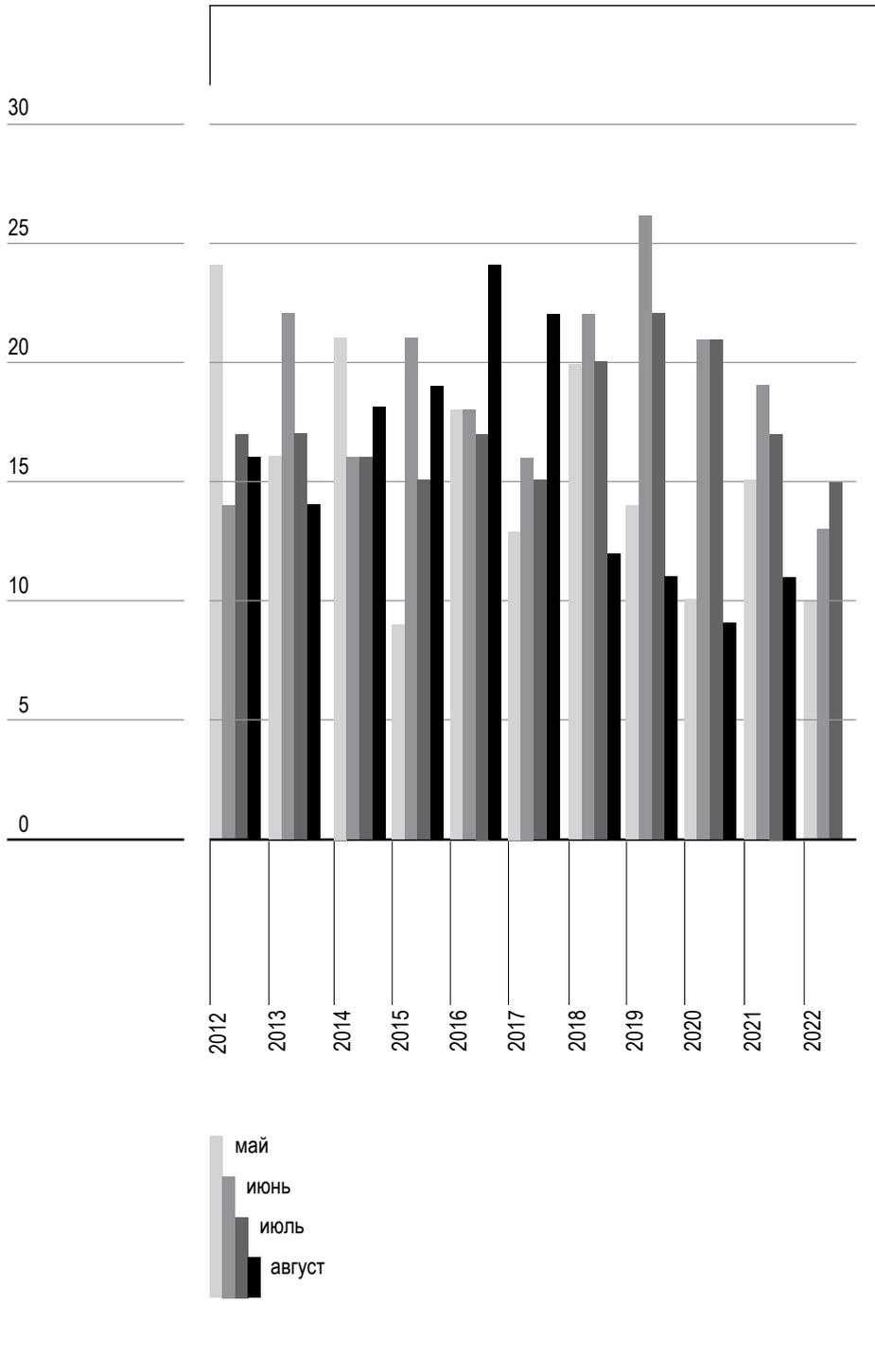
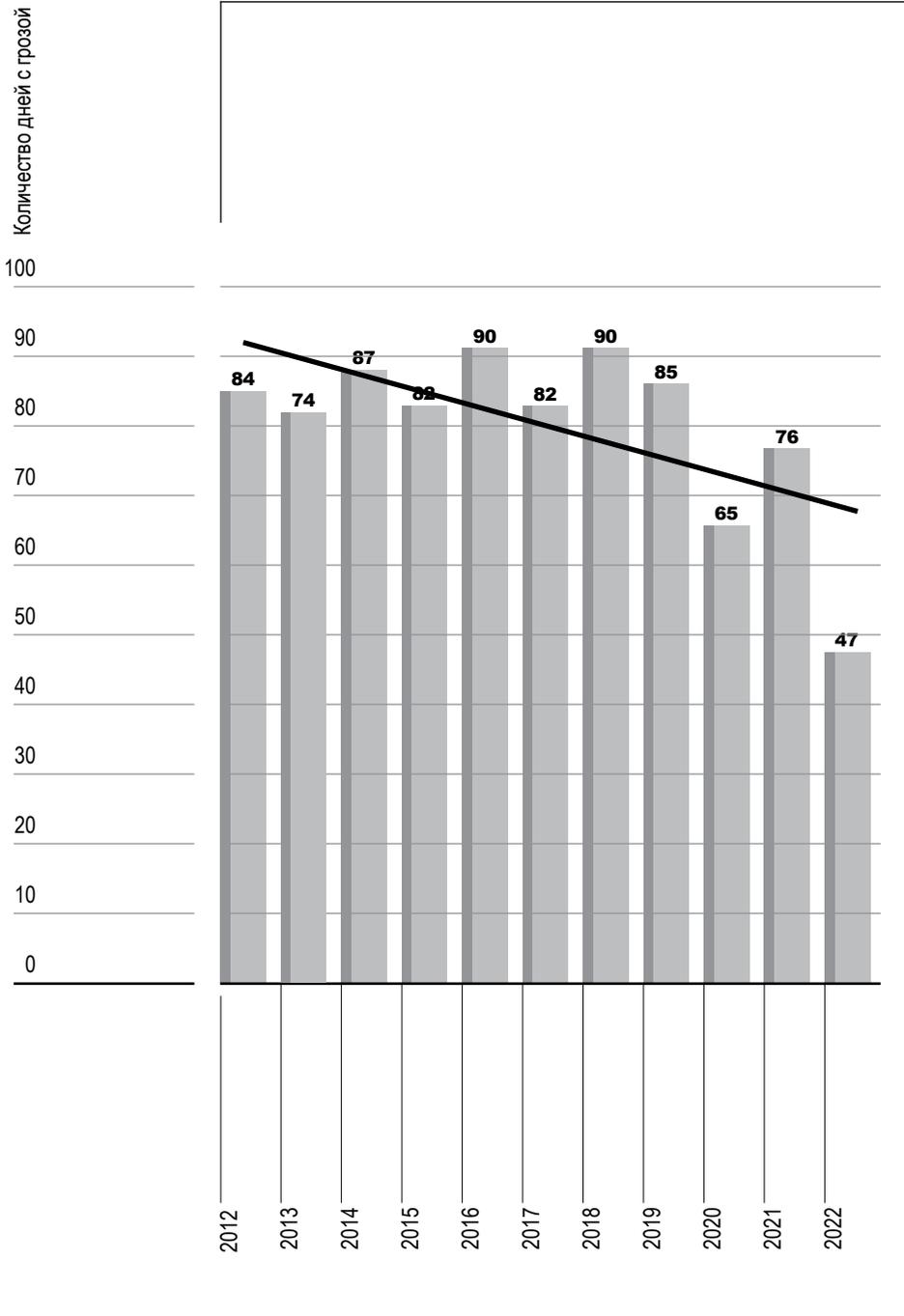


Рис. 1.

Количество дней с грозой с мая по август.

Fig. 1. The number of days with a thunderstorm from May to August.



**Рис. 2. Линейный тренд грозовой активности на территории Кабардино-Балкарской республики.**

Fig. 2. Linear trend of thunderstorm activity on the territory of the Kabardino-Balkarian Republic.

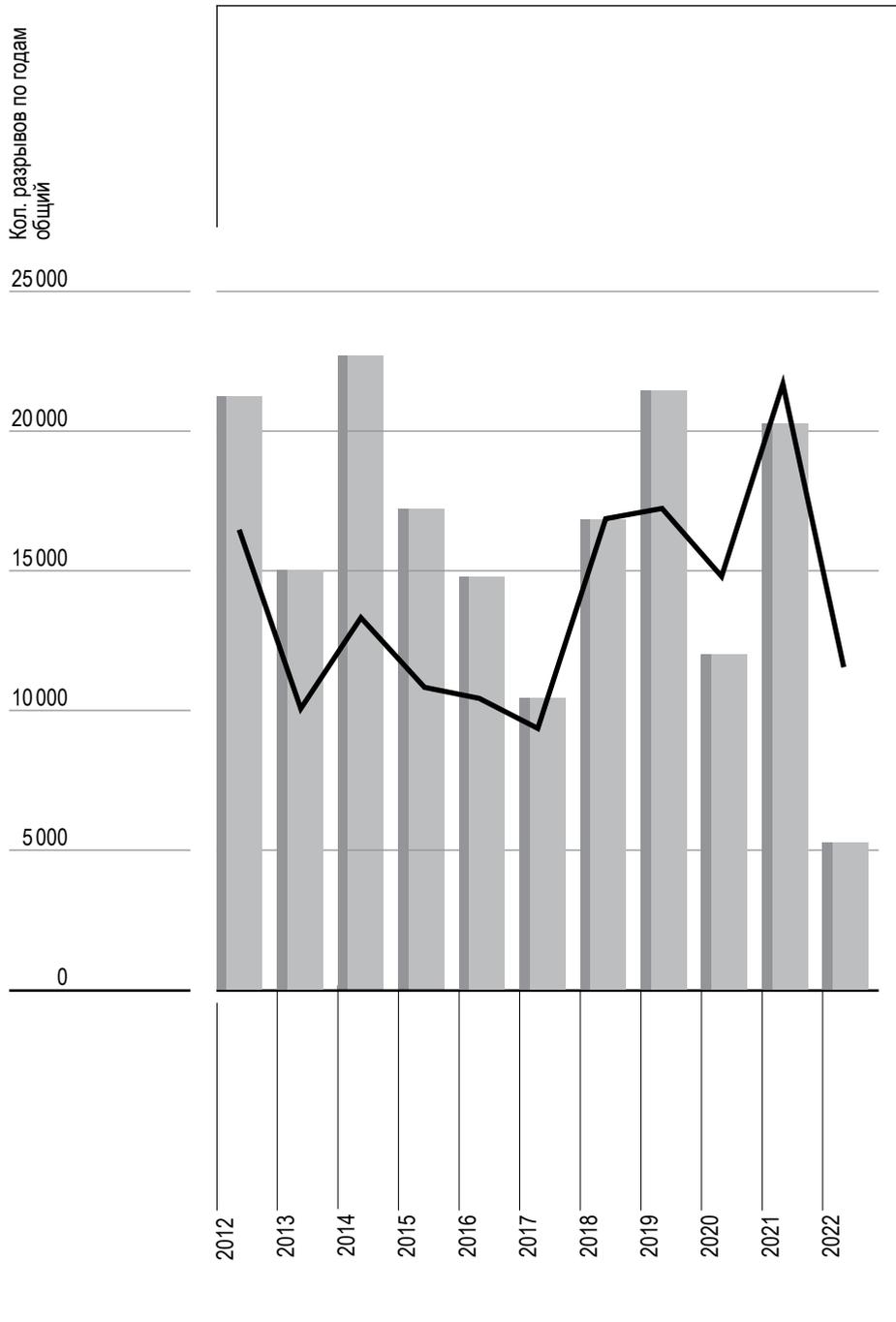


Рис. 3.

**Количество грозных разрядов в LF диапазоне (наземные молнии) на территории КБР.**

Fig. 3. The number of lightning discharges in the LF range (ground lightning) on the territory of the KBR.

этом с 2012 по 2022 г. в год в среднем зарегистрировано 16 106 ударов молний в год.

Прослеживается достаточно хорошая корреляция между количеством наземных молний в год на территории КБР  $N$  и среднегодовой температурой  $T$ . В качестве базовой метеостанции в данной работе рассмотрена метеостанция «Нальчик».

Получено выражение корреляционной взаимосвязи между  $N$  и  $T$  в виде:

$$N = 6333,2T - 117943, \quad (2)$$

где  $N$  – количество наземных молний в год;

$T$  – среднегодовая температура.

Коэффициент корреляции составляет 0,55.

Таким образом, выявлено, что наиболее «прохладные» года характеризуются меньшим числом грозовых дней и меньшим числом ударов молний. И наоборот для «теплых» лет характерны большие количества гроз в месяц и наземных молний. Соотношение между количеством облачных и наземных молний характеризуется значениями долей наземных и облачных в общем количестве всех разрядов и составляют 12 и 88 % соответственно [1].

Вышеотмеченное утверждение можно отнести ко всем типам молний. Отмечаемая особенность количественных соотношений между отрицательными и положительными молниями [1] достаточно хорошо выражена и на территории КБР. Их количество за теплый период 2012–2022 гг. соотносится как: 155 983 отрицательных разрядов за май-август и 8059 положительных разрядов за тот же период. На каждый положительный разряд приходится около 19 отрицательных молний.

На рисунке 4 (а-б) представлено количество зарегистрированных с мая по август наземных положительных и наземных отрицательных молний.

Отмечается уменьшение количества отрицательных молний в течение года при не выраженном изменении динамики положительных молний.

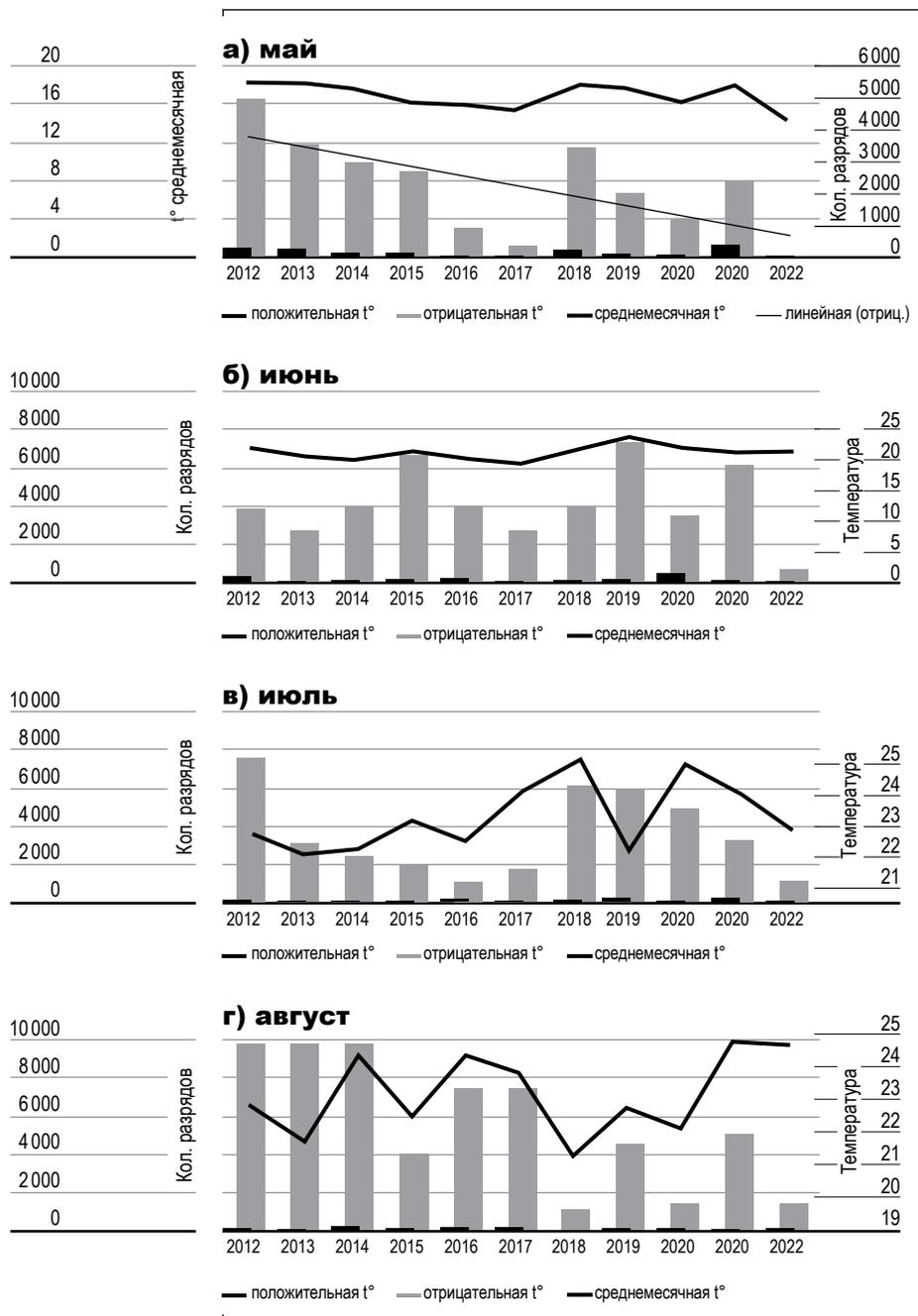
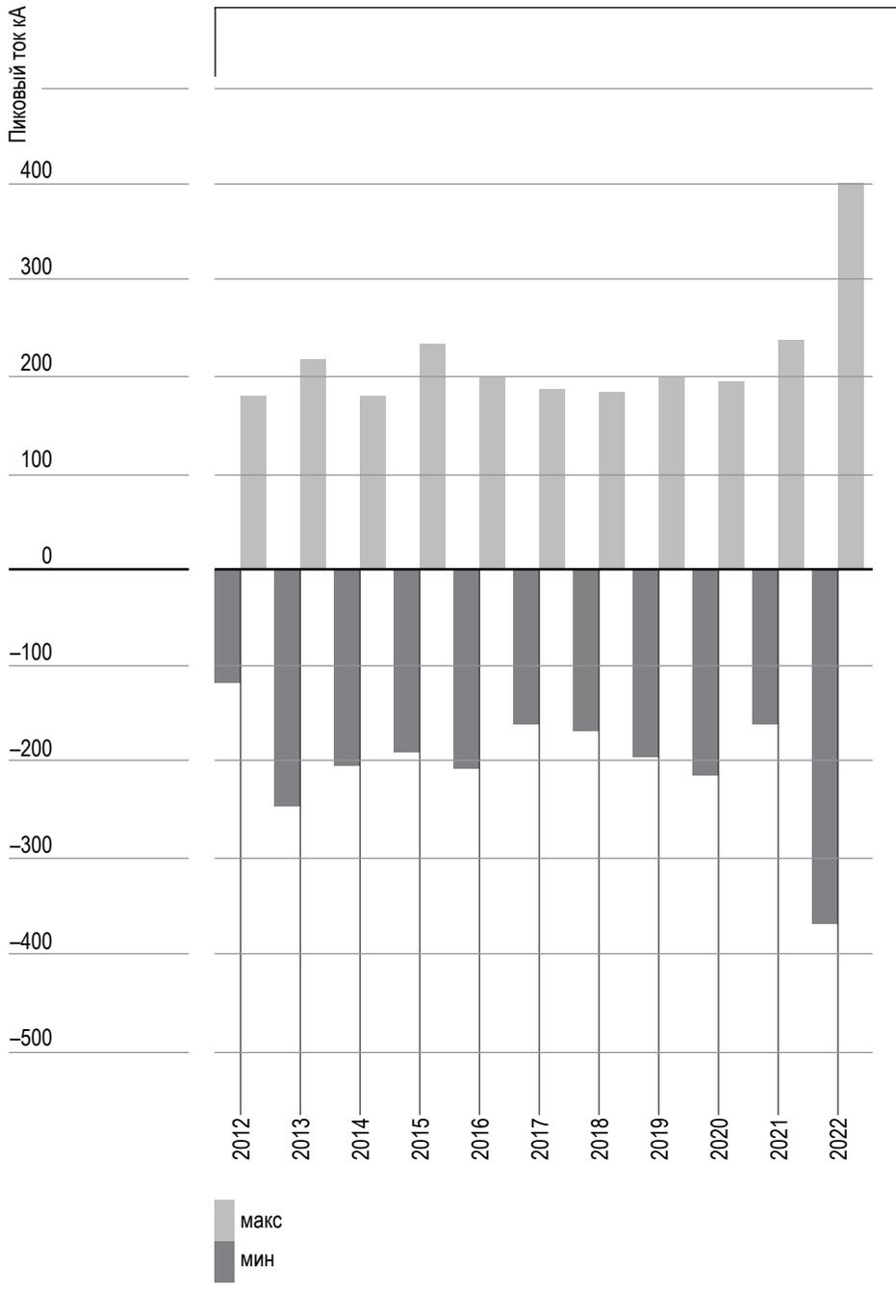


Рис. 4.

**Количество наземных положительных и наземных отрицательных молний с мая по август и среднемесячная температура теплого периода года.**

Fig. 4. The number of ground positive and ground negative lightning from May to August and the average monthly temperature of the warm period of the year.



**Рис. 5. Минимальные и максимальные значения пикового тока в канале молний на территории КБР.**

Fig. 5. Minimum and maximum values of the peak current in the lightning channel on the territory of the KBR.

Линейный тренд снижения числа наземных отрицательных молний имеет вид:

$$y = -304x + 4073. \quad (3)$$

Из рисунка 4 и выражения (3) следует, что в среднем в год количество наблюдаемых отрицательных молний уменьшается на 334 разряда. При этом следует отметить, что пиковые значения токов молний из года в год слабо меняются (рис. 5).

Среднегодовые значения пикового тока составляют в среднем -10 – -11 кА и меняются из года в год незначительно для КБР.

### **Выводы**

1. С использованием данных грозопеленгационной сети и метеостанций выполнен анализ среднегодовых факторов грозовой активности: числа дней с грозой, числа разрядов на землю положительной и отрицательной полярности, токов молний и среднемесячных и среднегодовых значений температур воздуха.
2. Выявлены тенденции снижения грозовой активности на территории КБР и значений количества молний в год отрицательной полярности.
3. Получены выражения линейного тренда для указанных характеристик.

### **Библиографический список**

1. Аджиев А.Х., Кулиев Д.Д. Характеристики грозовой активности и параметры молниевых разрядов на территории юга европейской части России // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. №4. С. 437–445.
2. Аджиев А.Х., Кулиев Д.Д., Стасенко В.Н. Оценка параметров работоспособности грозопеленгационных систем LS8000 и ENTLS в регионе Северного Кавказа // Метеорология и гидрология. 2022. №4. С. 117–126.
3. Аджиев А. Х., Стасенко В. Н., Тапасханов В. О. Система

- грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 5–11.
4. Атмосфера. Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 510 с.
  5. Ашабоков Б.А., Шаповалов А.В., Шаповалов В.А., Гучаева З.Х. Численное моделирование термодинамических и микроструктурных параметров конвективного облака в процессе его эволюции // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2018. Т. 154. С. 22–31.
  6. Иванов В.А. Возникновение лесных пожаров от гроз на Енисейской равнине // Лесные пожары и борьба с ними. М.: ВНИИЛМ, 1988. С. 126–132.
  7. Имянитов И.М., Шифрин К.С. Современное состояние исследований атмосферного электричества // Успехи физических наук, 1962. Т. LXXVI. Вып. 4. С. 593–642.
  8. Правила устройства электроустановок, 2003. 504 с.
  9. РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений».
  10. СИГРЭ, Lightning Parameters for Engineering Applications, бюллетень 549, 2013 г.
  11. Снегуров А. В., Снегуров В. С. Экспериментальная грозопеленгационная система // Труды Главной геофизической обсерватории. 2012. Вып. 567. С. 188–200.
  12. MacGorman D. R., Straka J. M., and Ziegler C. L. A lightning parameterization for numerical cloud models // J. Appl. Meteorol. 2001. Vol. 40. P. 459–478.
  13. Marchand M., Hilburn K., and Miller S. D. Geostationary lightning mapper and Earth networks lightning detection over the contiguous United States and dependence on flash characteristics // J. Geophys. Res. Atmos. 2019. Vol. 124. No. 21. P. 11552–11567.
  14. Schultz C. J., Carey L. D., Schultz E. V., Blakeslee R. J. Kinematic and microphysical significance of lightning jumps versus nonjump increases in total flash rate // Weather and Forecast, 2017. Vol. 32. No. 1. P. 275–288.
  15. Schultz C. J., Petersen W. A., Carey L. D. Lightning and severe weather: A comparison between total and cloud-to-ground lightning trends // Weather and Forecast. 2011. Vol. 26, No. 5. P. 744–755.
  16. Williams E., Boldi B., Matlin A., Weber M., Hodanish S., Sharp D., Goodman S., Raghavan R., and Buechler D. The behavior

of total lightning activity in severe Florida thunderstorms // Atmos. Res., 1999. Vol. 51. No. 3–4. P. 245–265.

17. Zhu Y., Rakov V. A., Tran M.D., Stock M. G., Heckman S., Liu C., Sloop C. D., Jordan D. M., Uman M. A., Caicedo J. A., Kotovsky D. A. Evaluation of ENTLN performance characteristics based on the ground truth natural and rocket-triggered lightning data acquired in Florida // J. Geophys. Res. Atmos., 2017. Vol. 122. No. 18. P. 9858–9866.

### References

1. Adzhiev A.Kh., Kuliev D.D. Characteristics of thunderstorm activity and parameters of lightning discharges in the south of the European part of Russia. News of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean. 2018. Vol. 54. No. 4. P. 437–445 (In Russ.).
2. Adzhiev A.Kh., Kuliev D.D., Stasenko V.N. Assessment of performance parameters of lightning direction systems LS8000 and ENTLS in the North Caucasus region. Meteorology and hydrology. 2022. No. 4. P. 117–126 (In Russ.).
3. Adzhiev A. Kh., Stasenko V. N., Tapaskhanov V. O. Lightning direction finding system in the North Caucasus. Meteorology and hydrology. 2013. No. 1. P. 5–11 (In Russ.).
4. Atmosphere. Directory. L.: Gidrometeoizdat, 1984. 510 p (In Russ.).
5. Ashabokov B.A., Shapovalov A.V., Shapovalov V.A., Guchayeva Z.Kh. Numerical modeling of thermodynamic and microstructural parameters of a convective cloud during its evolution. Results of science and technology. Modern mathematics and its applications. Thematic reviews. 2018. V. 154. P. 22–31 (In Russ.).
6. Ivanov V.A. The occurrence of forest fires from thunderstorms on the Yenisei Plain. Forest fires and fighting them. M.: VNIILM, 1988. P. 126–132 (In Russ.).
7. Imyanitov I.M., Shifrin K.S. The current state of research in atmospheric electricity, Advances in Physical Sciences, 1962, vol. LXXVI, Issue 4. P. 593–642.
8. Rules for electrical installations, 2003. 504 p. (In Russ.).
9. RD 153-34.3-35.125-99 Guide to the protection of electrical networks 6-1150 kV from lightning and internal overvoltages (In Russ.).
10. CIGRE, Lightning Parameters for Engineering Applications, Bulletin 549, 2013 (In Russ.).

11. Snegurov A.V., Snegurov V.S. Experimental lightning direction detection system. Proceedings of the Main Geophysical Observatory. 2012. Issue 567. P. 188–200 (In Russ.).
12. MacGorman D. R., Straka J. M., Ziegler C. L. A lightning parameterization for numerical cloud models. J. Appl. Meteorol. 2001. Vol. 40. P. 459–478.
13. Marchand M., Hilburn K., and Miller S. D. Geostationary lightning mapper and Earth networks lightning detection over the contiguous United States and dependence on flash characteristics. J. Geophys. Res. Atmos. 2019. Vol. 124. No. 21. P. 11552–11567.
14. Schultz C. J., Carey L. D., Schultz E. V., and Blakeslee R. J. Kinematic and microphysical significance of lightning jumps versus nonjump increases in total flash rate. Weather and Forecast. 2017. Vol. 32. No. 1. P. 275–288.
15. Schultz C. J., Petersen W. A., and Carey L. D. Lightning and severe weather: A comparison between total and cloud-to-ground lightning trends. Weather and Forecast. 2011. Vol. 26. No. 5. P. 744–755.
16. Williams E., Boldi B., Matlin A., Weber M., Hodanish S., Sharp D., Goodman S., Raghavan R., Buechler D. The behavior of total lightning activity in severe Florida thunderstorms. Atmos. Res. 1999. Vol. 51. No. 3–4. P. 245–265.
17. Zhu Y., Rakov V. A., Tran M. D., Stock M. G., Heckman S., Liu C., Sloop C. D., Jordan D. M., Uman M. A., Caicedo J. A., Kotovsky D. A. Evaluation of ENTLN performance characteristics based on the ground truth and natural rocket-triggered lightning data acquired in Florida. J. Geophys. Res. Atmos., 2017. Vol. 122. No. 18. P. 9858–9866.

**Статья поступила в редакцию 22.05.2023,  
статья одобрена после рецензирования 06.10.2023,  
статья принята к публикации 10.10.2023.**

**The article was submitted to the editorial office 22.05.2023,  
the article was approved after reviewing 06.10.2023,  
the article was accepted for publication 10.10.2023.**

### **Информация об авторах**

- Аджиев Анатолий Хабасович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом стихийных явлений Высокогорного геофизического института (360000, Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Тургенева, д. 52). E-mail: adessa1@yandex.ru.
- Керефова Залина Музариновна**, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Высокогорного геофизического института (360000, Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 181). E-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru.
- Черкесов Аслан Артурович**, младший научный сотрудник Высокогорного геофизического института (361821 Россия, Кабардино-Балкарская республика, с. Аушигер, Канкошева, д. 3). E-mail: cherkesov2018@yandex.ru

### **Information about the authors**

- Anatoly Kh. Adzhiev**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Natural Phenomena of High-Mountain Geophysical Institute (360000, Russia, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Turgenev St., 52). E-mail: adessa1@yandex.ru.
- Zalina M. Kerefova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher of the High-Mountain Geophysical Institute (360000, Russia, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Chernyshevsky St., 181). E-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru.
- Aslan A. Cherkesov**, Junior Researcher of the High-Mountain Geophysical Institute (361821, Russia, Kabardino-Balkarian Republic, Aushiger village, Kankosheva St., 3). E-mail: cherkesov2018@yandex.ru.