

СТАТЬИ

УДК 551.594.2

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ТОКОВ МОЛНИЙ
РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ ПО СУБЪЕКТАМ ЮГА РОССИИ**

Аджиев А.Х., Керефова З.М., Кузьмин В.А.

*ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик,
e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru*

В предлагаемой работе особое внимание было уделено определению среднестатистических значений токов наземных молний типа «облако-земля» на юге России. Получены значения токов молнии «облако-земля» и распределение их значений по субъектам федерации юга европейской части России. Для исследования использовались данные с грозорегистратора LS 8000 Высокогорного геофизического института за 2009–2015 гг. Показано, что в целом на территории исследования в общем количестве разрядов молний «облако-земля» за многолетний период времени доля наземных молний отрицательной полярности в среднем в 6 раз больше, чем доля молний положительной полярности. Полученные данные показали значительную неоднородность по территории Северного Кавказа распределений средних значений токов молний «облако-земля», которые обусловлены неоднородностью орографии и особенностями увлажнения земли (количеством осадков). Получены среднестатистические значения токов молний «облако-земля» по каждому субъекту РФ на Северном Кавказе. Эти данные являются важной информацией для проведения молниезащитных мероприятий и при оценке климатических особенностей территорий. Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным за семилетний промежуток времени варьируются от 14 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА – на территории Республики Дагестан. Оперативная и точная информация о характеристиках грозовой активности и параметрах молний конкретных территорий способствует решению многих проблем метеорологии, физики атмосферы, авиации, молниезащиты электричества земли и околоземного пространства.

Ключевые слова: молния, токи молний, грозопеленгация, молниезащита, атмосферное электричество, грозовая активность

**DISTRIBUTION OF THE AVERAGE VALUES OF LIGHTNING CURRENTS
OF DIFFERENT POLARITY IN THE SUBJECTS OF THE SOUTH OF RUSSIA**

Adzhiev A.Kh., Kerefova Z.M., Kuzmin V.A.

*Federal State Budgetary Institution «High Mountain Geophysical Institute»,
Nalchik, e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru*

The values of the «cloud-to-ground» lightning currents and the distribution of their values over the constituent entities of the Federation in the south of the European part of Russia have been obtained. For the study, we used data from the LS8000 lightning detector of the High-Mountain Geophysical Institute for 2009-2015. It is shown that, in general, in the study area, in the total number of cloud-to-ground lightning discharges over a long period of time, the share of ground lightning of negative polarity is on average 6 times higher than the fraction of lightning of positive polarity. The data obtained showed a significant heterogeneity over the territory of the North Caucasus in the distributions of the average values of the «cloud-to-ground» lightning currents, which are caused by the heterogeneity of the orography and the peculiarities of the earth's moisture (amount of precipitation). The average statistical values of the «cloud-to-ground» lightning currents were obtained for each constituent entity of the Russian Federation in the North Caucasus. These data are important information for carrying out lightning protection measures and when assessing the climatic features of territories. It is shown that on the territory under consideration, the average values of currents in the lightning channel, according to data for a seven-year period of time, vary from 14 kA to 34 kA. The smallest value of 14.4 kA is determined for the territory of the KBR, the highest value is 34 kA in the territory of the Republic of Dagestan.

Keywords: lightning, lightning currents, lightning direction finding, lightning protection, atmospheric electricity, thunderstorm activity

Исследования грозовых процессов представляют особый интерес, поскольку грозы наносят существенный ущерб многим отраслям экономики, сельскому хозяйству, авиации и объектам энергетики. Часто вследствие удара молнии возникают лесные пожары, отключение высоковольтных линий электропередач. Поэтому определение характеристик молнии, таких как координаты

разрядов молнии, сила тока, время нарастания тока молнии до пикового значения, количество поражений земли молниями, являются необходимыми при организации молниезащитных мероприятий [1]. Также важным при проведении таких мероприятий является учет влияния особенностей орографии местности на развитие грозовых явлений. В данной работе показана

но, что на Северном Кавказе по субъектам федерации наблюдается существенное различие в значениях тока в канале молниевых разряда «облако-земля».

Быстрые и достоверные сообщения о характеристиках гроз и параметрах молний для определенных территорий дадут возможность решить многие вопросы метеорологии, физики приземного слоя атмосферы, авиации и др.

Целью работы являлось определение среднестатистических значений токов молний «облако-земля» на различных территориях юга европейской части России.

Задачами исследований были:

- оценка соотношений количества молний «облако-земля» положительной и отрицательной полярности на территориях субъектов федерации юга европейской части России;

- определение территориальных особенностей распределения токов молний «облако-земля» различной полярности на юге европейской части России.

Материалы и методы исследования

Молнии разделяют на несколько типов [2]:

- облачные, иногда называют внутриа-облачные – это разряды, встречающиеся в конвективном облаке между зонами, заряженными разноименно;

- межоблачные – это разряды, происходящие между двумя облаками с разноименно заряженными областями;

- наземные – разряды между облаком и землей. Наземные молнии также разделяют на положительные и отрицательные, в зависимости от нейтрализуемого заряда. То есть при нейтрализации отрицательного заряда получаем отрицательную молнию и при нейтрализации положительного заряда – положительную.

Характеристики и частота молниевых разрядов имеют связь и с рельефом местности, составом подстилающей поверхности. Токи молний могут изменяться в зависимости от высоты над уровнем моря.

В настоящее время существует ряд источников информации о грозах: визуально-слуховые наблюдения на метеостанциях, счетчики разрядов молний, активные радиотехнические методы локации грозных очагов, пассивные радиотехнические системы грозопеленгации и спутниковые наблюдения. Из перечисленных наиболее распространенными для мониторинга гроз являются визуально-слуховой метод и использование радиолокаторов [3]. Обо-

им методам присущи некоторые недостатки: это ограниченность территории обзора (визуально-слуховой метод может охватывать от 13 до 20 км, а радиолокационный – около 200 км), отсутствие в поступаемых материалах данных об электрических процессах в токах молний, отсутствие возможности прогнозирования опасных явлений погоды [4].

Для определения параметров молний «облако-земля» в данной работе использовалась грозопеленгационная сеть (ГПС) LS8000 фирмы Vaisala. Эта система была впервые в России развернута в 2008 г. на Северном Кавказе, ФГБУ «ВГИ». Она состояла из четырех грозопеленгаторов и центрального пункта приема и обработки информации от грозопеленгаторов [5]. Грозопеленгаторы LS8000 находятся недалеко от населенных пунктов: Кызбурун (КБР), Черкесск (КЧР), Ставрополь и Зеленокумск (Ставропольский край). В 2020 г. ГПС дополнена двумя грозопеленгаторами той же фирмы, которые установлены в Краснодарском крае вблизи населенных пунктов Туапсе и Кореновск. Такое расположение способствует высокой эффективности работы системы. Данные принимаются со всей территории Северного Кавказа и Черноморского побережья России.

Для задач, поставленных в данной работе, были отобраны значения токов молний «облако-земля» за период наблюдения с 2009 по 2015 г. Полученные среднестатистические значения токов наземных молний по субъектам федерации приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Средние абсолютные значения токов молний определялись по данным ГПС с использованием выражения

$$|I_{cp}| = \frac{I_{cp}^- * N^- + I_{cp}^+ * N^+}{N^- + N^+},$$

I_{cp}^+ – среднее значение тока положительной полярности, I_{cp}^- – это среднее значение тока отрицательной полярности, $I_{мед}^+$ – медиана положительных токов, $I_{мед}^-$ – медиана отрицательных токов, $|I_{cp}|$ – средние значения тока по модулю, N^- – количество зарегистрированных молний «облако-земля» отрицательной полярности, N^+ – количество зарегистрированных молний «облако-земля» положительной полярности.

Построена гистограмма распределений средних абсолютных значений тока в канале молнии по субъектам юга России (рис. 1).

Таблица 1

Сводная таблица значений токов молний различной полярности по субъектам юга России

Субъекты	Токи в канале молнии				
	I_{cp}^+ , кА	I_{cp}^- , кА	$I_{мед}^+$, кА	$I_{мед}^-$, кА	$ I_{cp} $, кА
Кр. край и Адыгея	32,72	-24,04	30,21	-22,67	25,23
КЧР	28,47	-16,1	15,96	-11,67	17,31
КБР	31,88	-12,45	15,46	-6,75	14,04
Северная Осетия	31,89	-16,54	14,25	-11,38	18,44
Ставропольский край	30,61	-12,79	21,17	-11,33	14,45
Ростовская область	33,72	-17,11	17,75	-13,08	18,11
Калмыкия	31,07	-22,63	24,17	-23,25	23,5
Чечня и Ингушетия	45,13	-23,61	15,5	-12,08	27,23
Дагестан	47	-29,5	24,04	-23,63	33,82

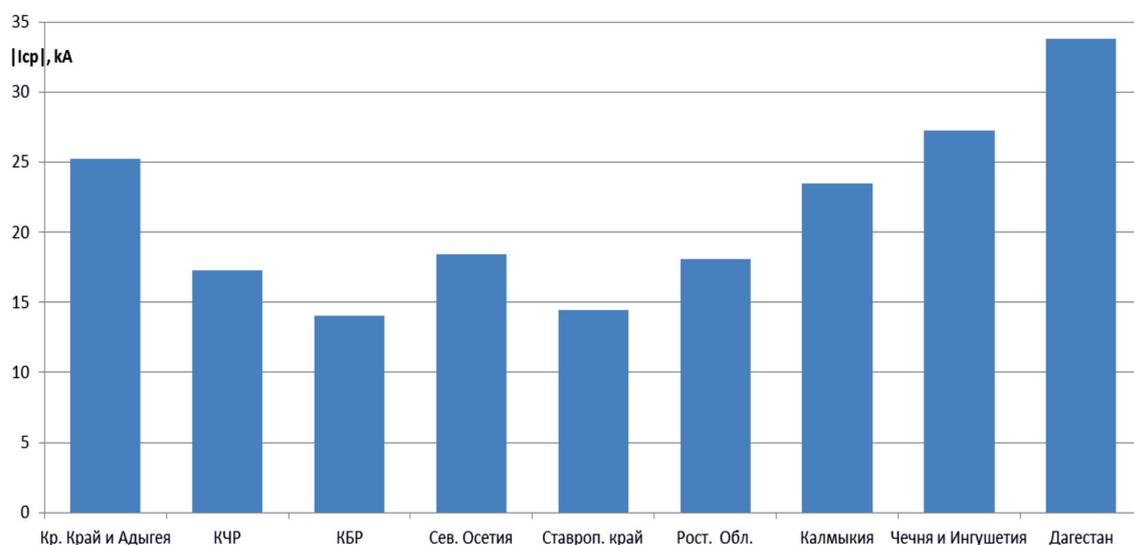


Рис. 1. Гистограмма распределения средних значений тока в канале молнии по субъектам юга России

Из рис. 1 видно, что средние значения токов в канале молнии за семилетний промежуток времени варьируются от 14 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА на территории Республики Дагестан. Исследования разных авторов [6] показали, что пространственная неоднородность характеристик грозовой активности имеет место как для территорий со сложным рельефом, так и для равнинных территорий.

По нашему мнению, значительная неоднородность по территории Северного Кавказа распределений средних значений токов молний «облако-земля» обусловлены неоднородностью орографии и особенностями увлажнения земли (количеством осадков).

Орографию местности можно отнести к основным факторам, оказывающим существенное влияние на метеорологический режим в пограничном слое атмосферы. В ряде работ отмечалась зависимость гроз от высоты местности над уровнем моря. Было выявлено, что высокие горы оказывают существенное влияние, под их действием имеют место динамическая турбулентность и восходящие потоки по склону. Отсюда и создаются импульсы мощных конвективных токов, содействующих усилению грозовых процессов [7]. Авторы показывают, что роль рельефа является одним из основных факторов образования гроз.

Для субъектов юга России были найдены минимальные (H_{min}), максимальные (H_{max})

и средние значения (H_{cp}) высоты местности над уровнем моря (табл. 2) и построена диаграмма (рис. 2).

Сравнения рис. 1 и 2 показывают:

– с увеличением средней высоты местности над уровнем моря среднее значение токов молний «облако-земля» на территории субъекта уменьшается. Так, например, средняя высота территории Краснодарского края с Адыгеей составляет 304 м над уровнем моря, а среднее значение тока молнии – 25,23 кА. Территория КБР характеризуется средней высотой 1198 м и токами 14,04 кА. Аналогично и по другим субъектам федерации на рассматриваемой территории;

– при рассмотрении значений токов молнии в целом по территории Северного Кавказа наименьшие их значения (14,04 кА) наблюдаются на территориях Центрального Кавказа (КЧР, КБР, Северная Осетия). Наибольшие значения (25,23 кА и 33,82 кА) имеют место на территориях Западного Кавказа (Краснодарский край) и Восточного Кавказа (Республика Дагестан). При этом доля отрицательных молний в общем количестве молний «облако-земля» на территории Центрального Кавказа больше, чем на территориях Западного и Восточного Кавказа. Это соотношение Центрального Кавказа составляет 8,9 для Западного и Восточного Кавказа соответственно 3,5 и 3,8 (рис. 3).

Таблица 2

Высота местности над уровнем моря для субъектов юга России

Субъекты	Высота над уровнем моря		
	H_{min} , м	H_{max} , м	H_{cp} , м
Кр. край и Адыгея	-2	3591	304
КЧР	0	5593	1154
КБР	82	5581	1198
Северная Осетия	59	5091	1127
Ставропольский край	17	1400	429
Ростовская область	2	253	112
Калмыкия	-30	211	193
Чечня и Ингушетия	-29	4451	704
Дагестан	-30	4466	494

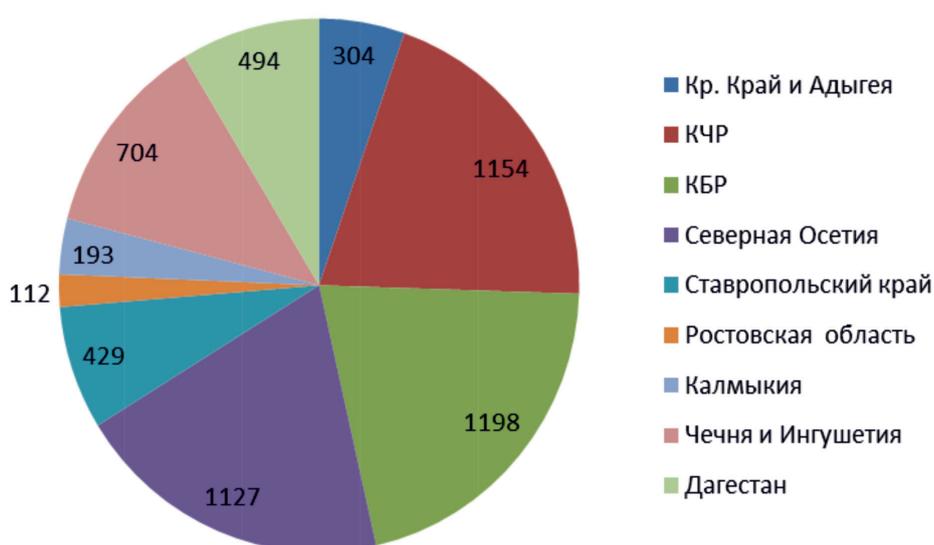


Рис. 2. Диаграмма распределения средней высоты над уровнем моря

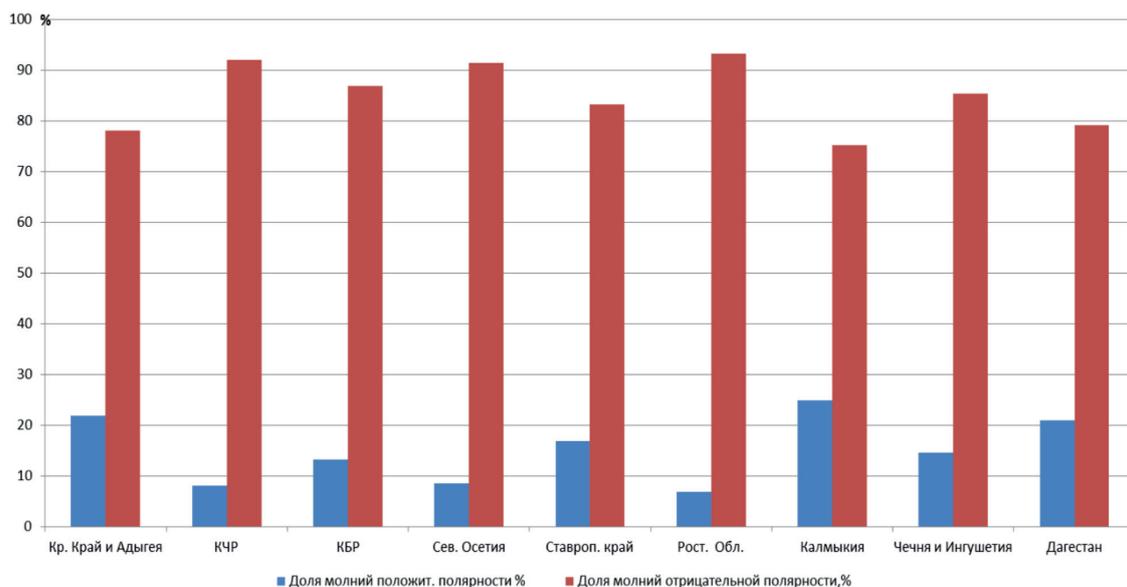


Рис. 3. Гистограмма распределения долей молний разной полярности по субъектам юга России. Цвета обозначают: красный – доля молний отрицательной полярности, % синий – доля молний положительной полярности, %

Заключение

Определены среднестатистические значения токов молний «облако-земля» на территориях субъектов федерации юга европейской части России. Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным за семилетний промежуток времени варьируются от 14,4 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА – на территории Республики Дагестан.

Выполнен анализ соотношений количества молний «облако-земля» положительной и отрицательной полярности на территориях субъектов федерации юга европейской части России. Показано, что доля наземных молний отрицательной полярности в среднем в 6 раз больше, чем доля молний положительной полярности.

Список литературы / References

1. РД34.21.122-87. Инструкция по устройству молние-защиты зданий и сооружений. Утверждена Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87. М., 1987. 10 с.
2. Имянитов И.М., Чубарина Е.В., Шварц Я.М. Электричество облаков. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 456 с.
3. Imyanitov I.M., Chubarina E.V., Shvarts Ya.M. Electricity of the clouds. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 456 p. (in Russian).
4. Аджиев А.Х., Кулиев Д.Д. Характеристики грозовой активности и параметры молниевых разрядов на территории юга европейской части России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. № 4. С. 437–445.

Adzhiev A.Kh., Kuliev D.D. Characteristics of thunderstorm activity and parameters of lightning discharges in the south of the European part of Russia // Izvestia RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2018. Vol. 54. No. 4. P. 437–445 (in Russian).

4. Болдырев А.С., Болдырева К.А., Куповых Г.В., Пестов Д.А., Пестова О.В., Редин А.А. К вопросу о мониторинге электрического поля атмосферы по данным наземных наблюдений // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10978> (дата обращения: 10.05.2021).

Boldyrev A.S., Boldyreva K.A., Kupovykh G.V., Pestov D.A., Pestova O.V., Redin A.A. On the issue of monitoring the electric field of the atmosphere according to ground-based observations // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. No. 6. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10978> (date of access: 10.05.2021) (in Russian).

5. Lopez J. Thunderstorm warning alarms methodology using electric field mills and lightning location networks in mountainous regions. International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria, 2012. P. 1–6.

6. Аджиев А.Х., Тапасханов В.О., Стасенко В.Н. Система грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 5–11.

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

7. Редин А.А., Куповых Г.В. К вопросу о происхождении глобальных и локальных вариаций электрического поля вблизи поверхности земли // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2011. № 1 (161). С. 87–90.

Redin A.A., Kupovykh G.V. On the question of the origin of global and local variations in the electric field near the earth's surface // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2011. No. 1 (161). P. 87–90 (in Russian).