

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 0.179  
ESJI (KZ) = 1.042  
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 2 Volume: 34

Published: 29.02.2016 <http://T-Science.org>

### Vadim Nikolayevich Lesev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor, Head of the differential equations of  
the Kabardino-Balkar State University H.M. Berbekova,  
Russia, Nalchik

### Liana Vladimirovna Dumaeva

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Senior lecturer, Department of Differential Equations,  
Kabardino-Balkar State University H.M. Berbekova,  
Russia, Nalchik

SECTION 1. Theoretical research in mathematics.

## DETERMINATION OF PARAMETERS OF LIGHTNING CURRENTS IN THE SOUTHERN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Abstract:** The parameters of the lightning currents have been determined for the southern regions of Russian Federation for the first time. The database of the characteristics of the on-land discharges has been composed on the basis of data from the thunder-detector LS 8000. The analysis of obtained results has been performed and the analytical dependencies for the distribution of the lightning currents established applying the mathematical methods.

**Key words:** lightning, thunder-detector, seasonality of discharges, ratio of in-cloud and on-land discharges, polarity of lightning.

**Language:** Russian

**Citation:** Lesev VN, Dumaeva LV (2016) DETERMINATION OF PARAMETERS OF LIGHTNING CURRENTS IN THE SOUTHERN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION. ISJ Theoretical & Applied Science, 02 (34): 180-186.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-02-34-25> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.02.34.25>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОКОВ МОЛНИЙ ДЛЯ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Аннотация:** Впервые для южных регионов Российской Федерации определены параметры токов молний. На основании данных, полученных грозорегистратором LS 8000 сформирована база данных характеристик наземных разрядов. Проведен анализ полученных результатов и на основе математических методов установлены аналитические зависимости для распределения токов молний.

**Ключевые слова:** молния, грозорегистратор, сезонность разрядов, соотношение облачных и наземных разрядов, полярность молний.

На основании наблюдений, проводимых с января 2010 по декабрь 2013 года с использованием грозорегистратора LS 8000 была сформирована база данных для Северо-Кавказского Федерального округа (СКФО). Отметим, что регион СКФО обладает специфическим рельефом и характеризуется уникальными природно-климатическими условиями[1-4].

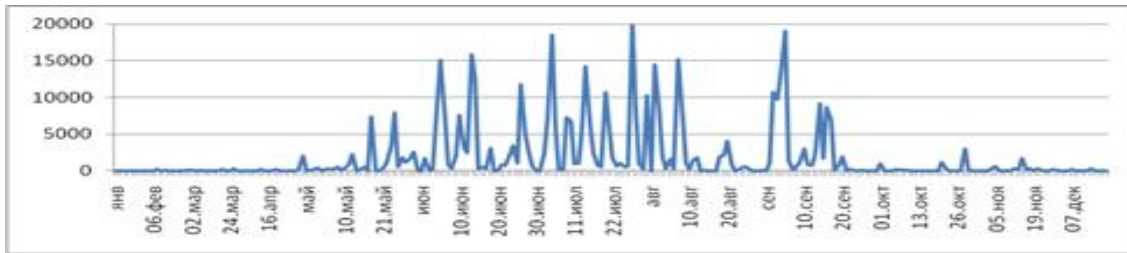
Анализ сформированной базы данных свидетельствует, что наибольшее число дней с

грозой по региону наблюдается с первой декады июня до начала августа. При этом как в 2010 году, так и в 2011 после максимума грозовых дней наступает период, длительностью более 30 дней без гроз. Затем в сентябре грозы наблюдаются практически ежедневно, и прекращаются к концу первой декады октября (рисунок 1 а, б).

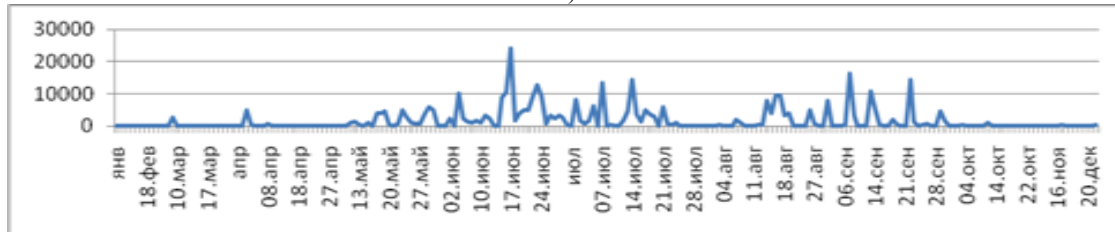


## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	



а)



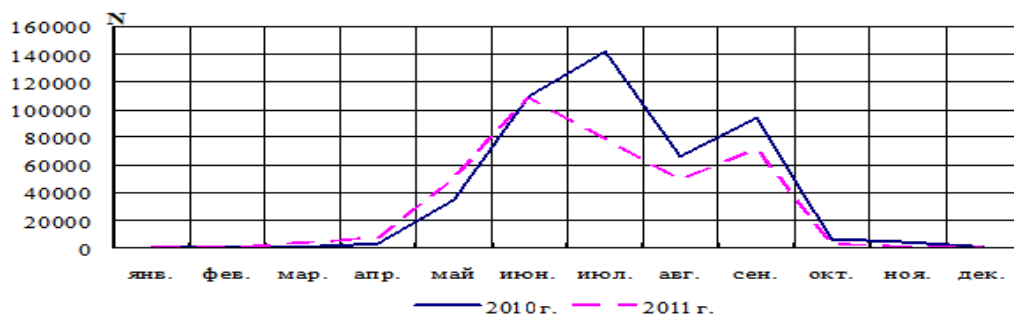
б)

**Рисунок 1 – Динамика количества наземных разрядов N в дни с грозами на территории юга Европейской части России в 2010 г. (а) и в 2011 г. (б).**

Помесячные изменения в течение 2010 и 2011 гг. количества наземных разрядов приведены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, здесь тоже прослеживаются оба вышеуказанные максимума:

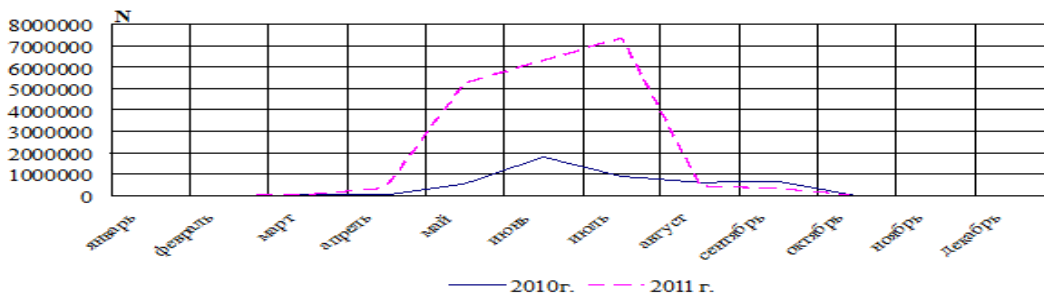
первый - в июле, второй, меньшей амплитуды, - в сентябре месяце. Амплитуда грозоактивности по числу наземных разрядов в сентябре примерно на 30% меньше, чем июльский максимум.



**Рисунок 2 – Изменения месячных значений числа наземных разрядов в течение 2010 г. и 2011 г.**

Динамика изменений суммарного количества облачных разрядов (рисунок 3) примерно повторяет временной ход наземных разрядов. Однако второй максимум в распределении сезонных изменений количества

облачных разрядов в сентябре месяце отсутствует. Некоторые особенности указанных различий раскрывают отношение временного хода суммарного количества наземных разрядов и облачных разрядов.



**Рисунок 3 – Изменения месячных значений облачных разрядов в 2010 г. и 2011 г.**

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Важной характеристикой грозоразрядной деятельности в облаках является соотношение между количествами наземных и облачных разрядов молнии за определенный период времени, например, за время грозового цикла облака или за грозовой день. На рисунке 4 приводится отношение количества облачных разрядов к количеству наземных разрядов за

$N_0/N_n$

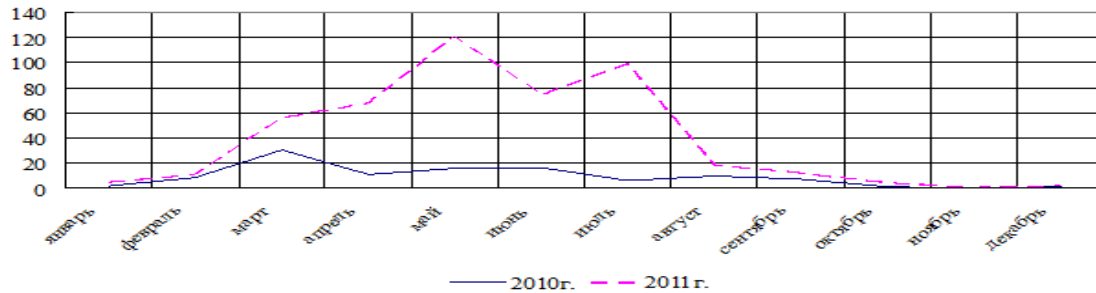


Рисунок 4 – Динамика изменений по месяцам отношения количества облачных и наземных разрядов в 2010 г. и в 2011 г.

Созданная база данных была использована для определения характерных для Северного Кавказа параметров молний, используемых при проведении работ по молниезащите различных объектов.

Перечень параметров разряда молнии [5], используемые в расчетах защиты высоковольтных линий и подстанций от грозовых перенапряжений включает:

- амплитуду и крутизну тока;
- длительность импульса и длительность фронта;
- полярность разряда;
- среднегодовую плотность ударов молнии в поверхность земли и др.

грозовые сутки в 2010-2011 гг. Как видно из этого рисунка, отношение месячного количества облачных и наземных разрядов меняется в достаточно широких пределах: от 0,2 до 104,7 при среднегодовом значении – 9,2 в 2010 г. и 30,3 в 2011 г. Данное соотношение означает, что при грозовых процессах на один наземный разряд приходится десятки облачных разрядов.

Поскольку вероятностные распределения параметров молний могут существенно отличаться по районам, имеющим различные физико-географические характеристики, необходимо получить данные для конкретной местности. Не учет этого обстоятельства приводит обычно к занижению или неоправданному завышению уровней надежности грозозащиты, а следовательно, к экономическим потерям.

На рисунке 5 представлены распределения амплитуды тока первых компонентов наземных отрицательных разрядов молний зарегистрированные в различные периоды года (во время летних и осенне – весенних гроз – кривые 1 и 2 соответственно).

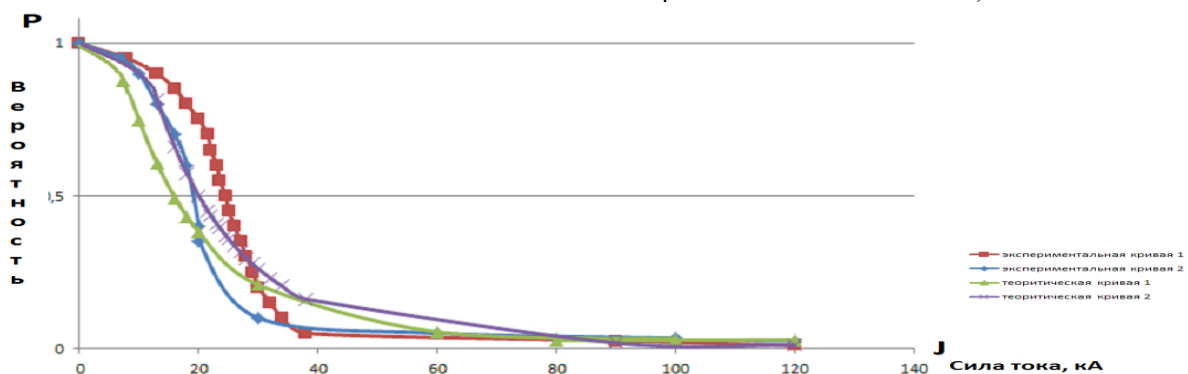


Рисунок 5 - Распределение тока отрицательных молний в различные периоды года

Как видно из рисунка 5, в осенне – весенние периоды года чаще отмечаются токи с меньшей амплитудой, чем в летний период.

Используя методы математической статистики, нами найдены аналитические выражения кривых 1 и 2 (рис.5) в виде:

$$y = e^{0,46 - 0,079x + 3,805 \cdot 10^{-4} x^2}, \quad (1)$$

$$y = e^{0,786 - 0,08x + 2,953 \cdot 10^{-4} x^2}, \quad (2)$$

где  $y$  – вероятность  $P$ ;  $x$  – значение тока  $J$  в кА.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Выражения (1) и (2) можно преобразовать в виде :

$$\lg y = a + bx + cx^2,$$

где  $a, b, c$  – численные коэффициенты.

Полученные нами с использованием LS 8000 распределения токов молний достаточно хорошо согласуются с распределениями принятыми в руководстве [6-7], международной организации по молниезащите СИГРЭ [8] и с данными, полученными в ВГИ активно – пассивными радио - механическими средствами [9]. Полученные с использованием грозорегистратора LS 8000 значения тока молнии позволяют выявить основные факторы, влияющие на получаемые характеристики распределений  $J_M$ . К ним относятся орографические и климатические

условия, высота местности над уровнем моря: тип подстилающей поверхности, тип объекта (сосредоточенный или протяженный).

Как видно из рисунка 5, климатические условия – сезон развития гроз в определенной степени отражаются на распределениях тока молнии.

При этом соотношения количества отрицательных молний к количеству положительных варьируется в пределах от 1,5:1 до 2,3:1. То есть отрицательные молнии составляют примерно 60 – 70% от всех наземных разрядов. Объем исследуемой выборки составляет около 60 тыс. случаев для положительных молний.

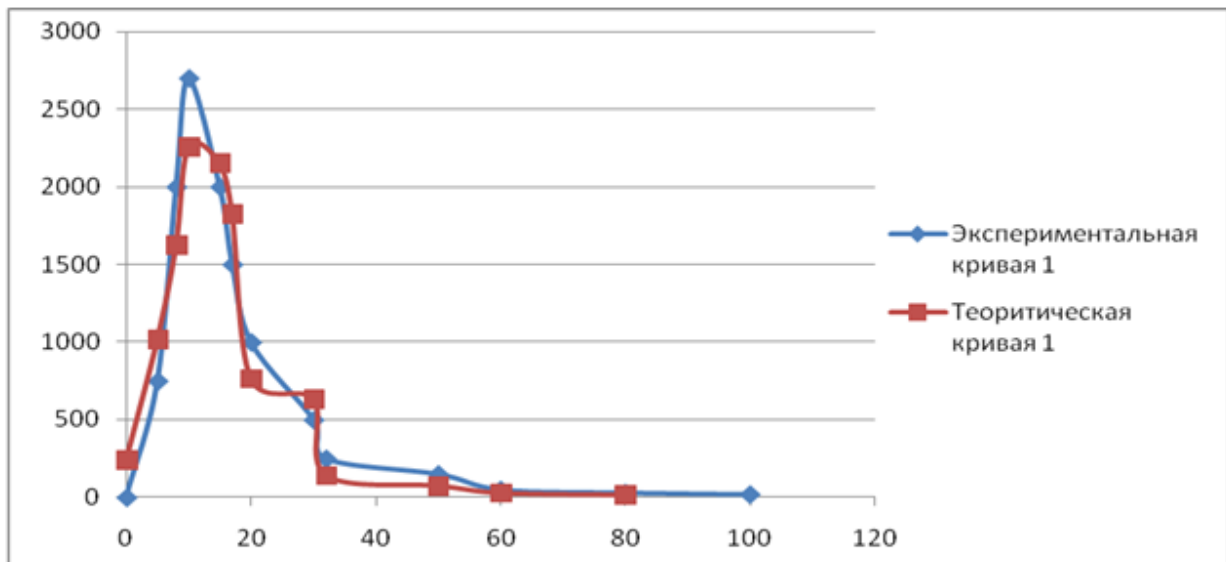


Рисунок 6 - Распределение токов молний положительной полярности.

На рисунке 6 приводится статистическое распределение частот возникновения положительных разрядов молний  $F(J_+)$  линия тренда (сплошная линия) для территории Северного Кавказа. Объем исследуемой выборки около  $3 \cdot 10^4$  разрядов молний. Распределение тока молний положительной полярности с высокой точностью может быть аппроксимировано выражением

$$F(J_+) = e^{-0,1+1,596-0,297 \ln^2 x}, \quad (3)$$

где  $a = -0,1$ ;  $b = 1,596$ ;  $c = -0,297$  – числовые коэффициенты.

Для выражения (3) коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0,9987. Самый слабый и частый (2688 случая) импульс измеренной силы тока составляет 10кА. Самый сильный – 311кА. Мода равна 10кА, медиана, расположенная в середине нашего упорядоченного вариационного

ряда, делящая его на две равные части, равна 17кА, среднее значение силы тока соответствует 23кА. Дисперсия исследуемых сигналов – степень рассеяния вокруг среднего их значения – равна  $304,05(\text{kA})^2$ , а среднееквадратическое отклонение – 17,458кА. Сумма всех положительных сигналов выборки составляет 722901кА. Размах выборки, т.е. разница между максимальным и минимальным полученными сигналами, равен 301кА.

На рисунке 7 приводится статистическое распределение частот возникновения отрицательных разрядов молний  $F(J_-)$  линия тренда (сплошная линия) по Северному Кавказу. Их распределение хорошо аппроксимируется выражением:

$$F(J_-) = e^{1,45+5,505-0,115 \ln^2 x} \quad (4)$$

или в общем виде:

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

$$\ln F(J_{-}) = e^{a+\ln x+b\ln^2 x},$$

где  $a = 1,45$ ;  $b = 0,505$ ;  $c = -0,115$  – численные коэффициенты.

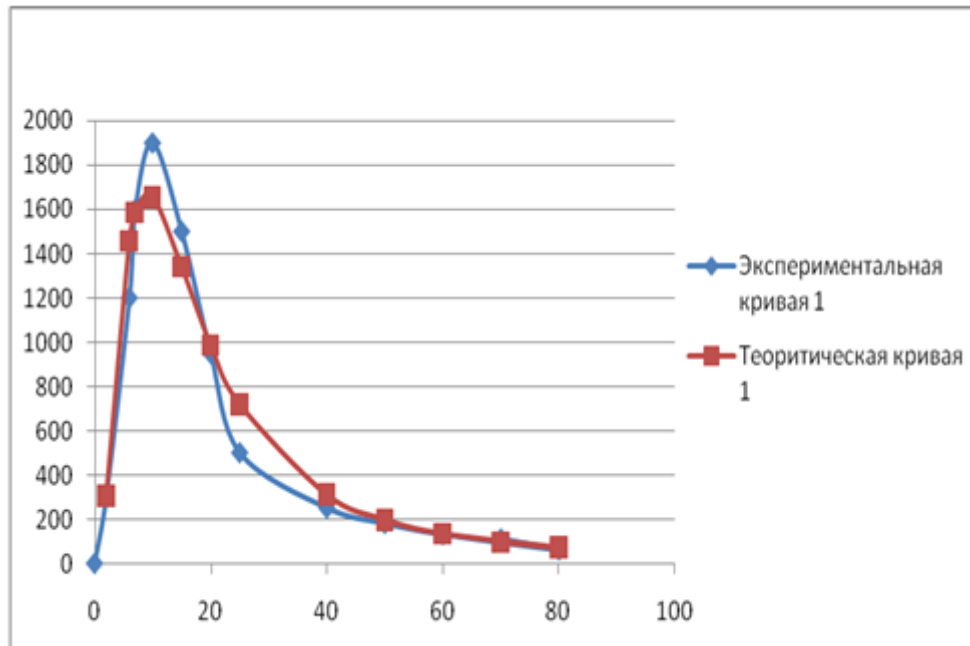


Рисунок 7 - Распределение токов молний отрицательной полярности.

Для выражения (4) коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0,9191. Самый слабый импульс измеренной силы тока составляет 4 кА. Самый сильный - 210 кА. Мода равна 9 кА, медиана, расположенная в середине нашего упорядоченного вариационного ряда, делящая его на две равные части, равна 14 кА, среднее значение силы тока соответствует 16,8019 кА. Дисперсия исследуемых сигналов – степень рассеяния вокруг среднего их значения – равна  $140,648 \text{ (кА)}^2$ , а среднеквадратическое отклонение 11,595 кА. Сумма всех отрицательных сигналов выборки составляет - 530287 кА. Размах выборки, т.е. разница между полученным максимальным и минимальным сигналами, составил 206 кА.

Кривые, представленные на рисунках 6 и 7, характеризуют токи молний различной полярности. В частности, из них следует, что с вероятностью не менее 10% токи положительных молний превосходят 100 кА, а отрицательные –

70 кА. В настоящее время возникает вопрос, почему такое различие между значениями токов разной полярности. Молния с током 200 кА настолько редки, что вероятность их возникновения не превышает 2%.

Важным параметром, необходимым для правильного планирования и проведения молниезащитных мероприятий является время нарастания волны тока ( $\tau_\phi$ ) при разрядах облако – земля. По нашим результатам измерений с использованием грозорегистратора LS 8000 построены статистические распределения их значений для отрицательных (кривая 1) и положительных (кривая 2) молний рисунку 8.

Их распределения с достаточно высокой точностью аппроксимируются выражениями:

$$N = e^{1,998+0,033-0,00136x^2}, \quad (5)$$

$$N = e^{1,981+0,015-0,00045x^2}, \quad (6)$$

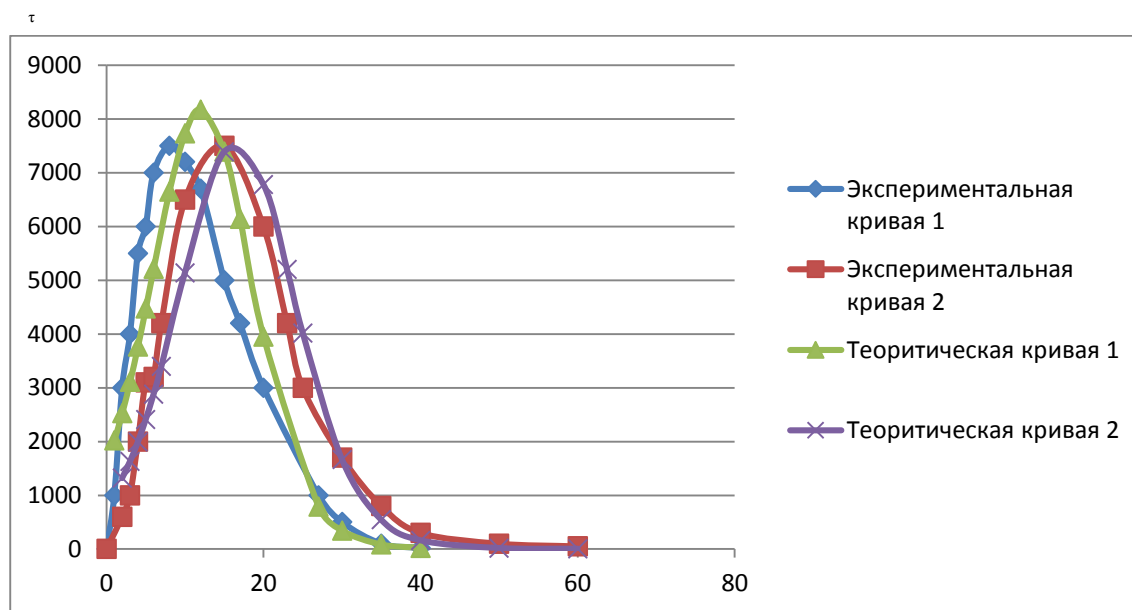


Рисунок 8 - Время нарастания сигнала  $\tau$  (мкс).

Как видно из рисунка 8, значения  $\tau_{\phi}$  меняются от 1 до 50 мкс. При этом средние ее значения для отрицательных и положительных молний составляют 8 и 13 мкс соответственно.

Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с измерениями Бергера осциллографическими методами и свидетельствует, что в зависимости от знака заряда молнии значение  $\tau_{\phi}$  меняется и это изменение в среднем на 5 мкс.

**4. Заключение.** Таким образом, для Северного Кавказа впервые создана база данных параметров молний, зарегистрированных

грозорегистратором LS 8000. Аналогично [10], выполнен анализ грозовой активности и выявлены два сезонных максимума. Получены количественные соотношения между различными характеристиками грозовой активности - количество облачных разрядов молний, количество наземных разрядов молний, число дней с грозой и др. Установлены распределения токов различной полярности и характеристики распределений, а также выполнен сравнительный анализ собранных данных с измерениями, полученными другими методами.

## References:

1. A.Kh. Adjiev, Z.M. Knyazeva, L.V. Dumaeva (2013) The analysis of thunderstorm activity in the territory of the Western Caucasus according to data of instrumental registrations and observations. The journal "Izvestiya of Kabardino-Balkar scientific centre of the RAS", 2013, №3(53). pp. 31-37.
2. Stewart E. Barnes. Rashba (2014) Spin-Orbit Anisotropy and the Electric Field Control of Magnetism // Jun'ichi Ieda & Sadamichi Maekawa, 2014; DOI:10.1038/srep04105.
3. A.Kh. Adjiev, A.A. Adjieva, L.V. Dumaeva (2011) Determination of dynamical characteristics of currents of lightning discharges // Izvestia VUZov. Severo-Kavkazsky region, Natural sciences. 2011, №6 (166). pp. 27-30. (in Russian)
4. A.Kh. Adjiev, A.A. Adjieva, A.N. Dorina (2010) Determination of the parameters of the lightning discharges // Izvestia VUZov. Severo-Kavkazsky region, Natural sciences. Physics of atmosphere (special edition), 2010. pp.10-12. (in Russian)
5. N. Østgaard, T. Gjesteland, B. E. Carlson, A. B. Collier, S. Cummer, G. Lu, H. J. Christian (2013) Simultaneous observations of optical lightning and terrestrial gamma ray flash from space // Geophysical Research Letters, 2013; DOI:10.1002/grl.50466
6. A.Kh. Adjiev, et al. (2004) Features of the protection from a thunderstorm in rocky

## Impact Factor:

<b>ISRA (India)</b> = <b>1.344</b>	<b>SIS (USA)</b> = <b>0.912</b>	<b>ICV (Poland)</b> = <b>6.630</b>
<b>ISI (Dubai, UAE)</b> = <b>0.829</b>	<b>PIHHI (Russia)</b> = <b>0.179</b>	<b>PIF (India)</b> = <b>1.940</b>
<b>GIF (Australia)</b> = <b>0.564</b>	<b>ESJI (KZ)</b> = <b>1.042</b>	
<b>JIF</b> = <b>1.500</b>	<b>SJIF (Morocco)</b> = <b>2.031</b>	

- conditions: parameters of lightning discharges; influence of the soil structure and relief; circuits for thunder elimination // Projecting and technology of electronic devices. Special edition, 2004. pp. 50–54. (in Russian).
- (1999) Guidelines for the protection of electrical networks 6-1150 kV against lightning and internal overvoltages. RD 153-34.-35.125-99. S-Pb.: PEIPK, 1999.
  - A.Kh. Adjiev, G.V. Kupovykh (2004) Atmospheric – electric phenomena at North Caucasus. Taganrog, 2004. – 137 p. (in Russian).
  - K. Berger (1972) Methoden und resultate der blitzforschung auf dem Monte San Salvatore bei Lugano in den jaren 1963-1971 / // Bull. SEV. 1972, V.63. №24.
  - Adjiev AK, Lesev VN, Dumaeva LV (2015) Investigation of Lightning Discharges in the North-Caucasus Region of Russian Federation. AJIT, 2015. V 14. pp. 92-96.ied Science, 2015. V. 08 (28) – pp. 76-79.

