

Научная статья
УДК 551.594.221
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.2.008

АНАЛИЗ МОЛНИЕВОЙ АКТИВНОСТИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2023 ГОДУ

**Василий Николаевич Селиванов¹, Александр Николаевич Кизенков²,
Александр Александрович Сулоев³**

¹Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра
Российской академии наук, Апатиты, Россия, v.selivanov@ksc.ru

²Производственное отделение «Северные электрические сети» Мурманского филиала
«Россети Северо-Запад», Мурманск, Россия, kizenkov@ses.kolenergo.ru

³Производственное отделение «Центральные электрические сети» Мурманского филиала
«Россети Северо-Запад», Апатиты, Россия, suloev@ces.kolenergo.ru

Аннотация

В статье представлены результаты анализа молниевой активности на территории Мурманской области в 2023 г. Приводятся данные о длительности грозового сезона, количестве грозовых дней, числе молниевых разрядов и их распределении по территории. Исследована статистика аварийных отключений воздушных линий электропередачи, вызванных ударами молний в электрические сети Кольской энергосистемы. Представлен сравнительный анализ молниевой активности в соседних с Мурманской областью регионах.

Ключевые слова:

молниевая активность, грозопеленгация, Мурманская область

Благодарности:

работа выполнена при финансовой поддержке научно-образовательного центра (НОЦ) мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» по теме научно-исследовательской работы «Совершенствование флотационного процесса за счет использования селективных комплексообразующих реагентов» в рамках мероприятия программы НОЦ «Разработка горнотехнических решений для запуска производственного цикла Африкандского месторождения».

Original article

ANALYSIS OF THE 2023 LIGHTNING ACTIVITY IN THE MURMANSK REGION

Vasilii N. Selivanov¹, Aleksandr N. Kizenkov², Aleksandr A. Suloev³

¹Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences,
Apatity, Russia, v.selivanov@ksc.ru

²Production Department "North Electric Networks" of the Murmansk branch of "Rosseti North-West",
Murmansk, Russia, kizenkov@ses.kolenergo.ru

³Production Department "Central Electric Networks" of the Murmansk branch of "Rosseti North-West",
Apatity, Russia, suloev@ces.kolenergo.ru

Abstract

The article presents the results of an analysis of lightning activity in the Murmansk region in 2023. Data on the duration of the thunderstorm season, the number of thunderstorm days, the number of lightning discharges and their distribution over the territory are given. The statistics of emergency failures of overhead power lines caused by lightning strikes in the power grids of the Kola power system are investigated. A comparative analysis of lightning activity in regions neighboring the Murmansk region is presented.

Keywords:

lightning activity, lightning location, Murmansk region

Acknowledgments:

The work was supported by the world-class Scientific and Educational Center (REC) "Russian Arctic: new materials, technologies and research methods" on the topic "Improving the flotation process through the use of selective complexing reagents" within the framework of the REC program "Development of mining solutions to launch the production cycle of the Afrikandskoye field".

Введение

Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН с 2013 г. ежегодно выпускает обзоры молниевой активности на территории Мурманской области [1–5] на основе данных сетей грозопеленгации, находящихся в открытом доступе [6]. Приводятся сведения о длительности грозового сезона, количестве грозовых дней, числе молниевых разрядов и их распределении на территории Мурманской области. Для анализа молниевой активности используется программное обеспечение и база данных собственной разработки [7–10]. База данных ресурса содержит информацию о воздушных линиях электропередачи (ВЛ) и подстанциях энергосистемы Мурманской области, а также координаты ударов молнии в землю. Выполненный анализ основан на регистрации только ударов молнии в землю и не учитывает межоблачные и внутриоблачные разряды.

Анализ молниевой активности

Первая гроза в 2023 г. случилась 20 мая, а последняя отмечена 29 сентября. Всего в 2023 г. было 42 грозовых дня (это день, когда сетью грозопеленгации зарегистрирован хотя бы один удар в землю на территории Мурманской области), причем 7 дней были с одним молниевым разрядом и 9 дней — с числом разрядов от 2 до 5. Так как сеть грозопеленгации регистрирует только разряды в землю, которые составляют от 20 до 50 % от общего числа (остальные разряды — это межоблачные и внутриоблачные), а эффективность сети грозопеленгации не превышает 30 %, можно полагать, что если зафиксирован хотя бы один молниевый разряд, то этот день достоверно можно считать грозовым. В то же время есть вероятность того, что какой-то из грозовых дней не был учтен. Например, в 2023 г. были задокументированы 2 зимние грозы, в феврале и октябре [11; 12], однако сетью грозопеленгации эти разряды не были обнаружены, вероятно, из-за малого значения тока молнии.

В таблице 1 представлены данные о распределении разрядов по месяцам в течение ряда грозовых сезонов. Максимум молниевой деятельности в 2023 г. был в августе, на который пришлось 47 % зарегистрированных разрядов и 9 грозовых дней, причем 20 % от всех разрядов произошли 1 августа 2023 г.

Таблица 1

Распределение разрядов по месяцам года
Lightning strikes distribution by months of the year

Год	Месяц				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2017	0 / 0	5 / 83	19 / 1834	11 / 452	3 / 186
2018	5 / 312	6 / 805	11 / 2922	8 / 3430	2 / 7
2019	3 / 317	10 / 3127	5 / 27	6 / 799	4 / 17
2020	0 / 0	8 / 488	16 / 623	12 / 326	2 / 3
2021	4 / 290	13 / 634	16 / 1351	14 / 669	0 / 0
2022	1 / 1	10 / 1212	24 / 5889	13 / 903	0 / 0
2023	5 / 46	9 / 553	12 / 554	9 / 1096	7 / 78

Примечание. В числителе — число грозовых дней, в знаменателе — количество разрядов в месяце.
Note. Thunderstorm days / discharges per month.

В таблице 2 представлены данные о молниевой деятельности на территории Мурманской области за последние 7 лет. В 2023 г. молниевая активность была достаточно низкой по всем показателям, но заметна определенная тенденция по увеличению длительности грозового сезона и числа грозовых дней, однако какие-либо выводы можно делать только после анализа более длительных рядов наблюдений. На глобальную молниевую активность могут влиять как климатические изменения на Земле, так и периодические изменения солнечной активности [13].

Тем не менее за последнее десятилетие появился ряд работ, указывающих на однозначную связь роста молниевой активности в Арктике с глобальным потеплением. В работе [14] показано, что соотношение ударов молний, происходящих выше 65° северной широты, по сравнению с общим глобальным количеством ударов, со временем увеличивается, что указывает на то, что Арктика становится все более подверженной воздействию молний. Молниевая деятельность зарегистрирована даже вблизи Северного полюса [15], что ранее считалось принципиально невозможным явлением.

Таблица 2

Показатели молниевой активности на территории Мурманской области
Lightning activity in Murmansk region

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Первая гроза	10.06.17	14.05.18	11.05.19	02.06.20	18.05.21	16.05.22	20.05.23
Последняя гроза	24.09.17	22.09.18	13.09.19	11.09.20	31.08.21	28.08.22	29.09.23
Грозовых дней	38	32	28	38	47	48	42
Всего разрядов	2555	7476	4287	1440	2944	8005	2327

На рисунке 1 отображены результаты регистрации ударов молнии в землю на территории Мурманской области в грозовой сезон 2023 г. Также на карту области нанесены воздушные линии электропередачи классов напряжения 110–330 кВ.

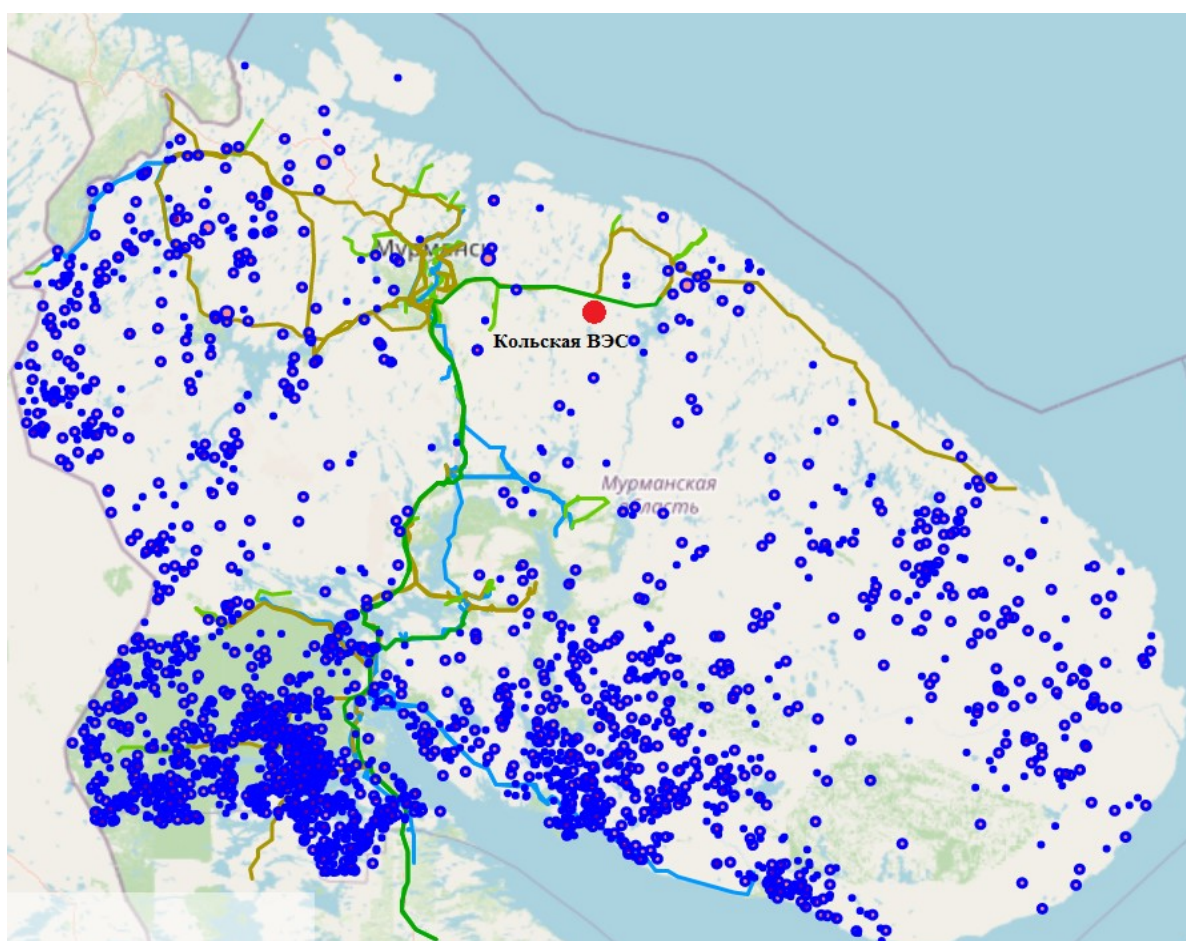


Рис. 1. Молниевые разряды в Мурманской области в 2023 г.
Fig. 1. Lightning strikes in the Murmansk region in 2023

Основная молниевая активность сосредоточена на юге области, на границе с Карелией, в Кандалакшском и Терском районах. Центральная часть Мурманской области, в которой расположены основные промышленные объекты и питающие их линии электропередачи, в 2023 г. оказалась вне зоны молниевой активности. Важно отметить, что при малом числе ударов молнии особенно отчетливо видны их скопления вблизи воздушных линий электропередачи, главным образом в северо-западной части области и вдоль побережья Баренцева моря. В то же время в районе Кольской ветроэлектростанции, где расположены 57 объектов высотой до 140 м на площади 257 га, вообще не зарегистрировано ни одного удара молнии.

На рисунке 2 представлены результаты расчета распределения числа грозовых дней на территории Мурманской области за 2023 г. За день с грозой принимается любой день с одним или более разрядами молнии в землю. Расчеты выполнены для ячеек земной поверхности 20×20 км, что приблизительно соответствует области наблюдения за молниевой деятельностью с помощью визуально-слухового метода на гидрометеорологических станциях и постах.

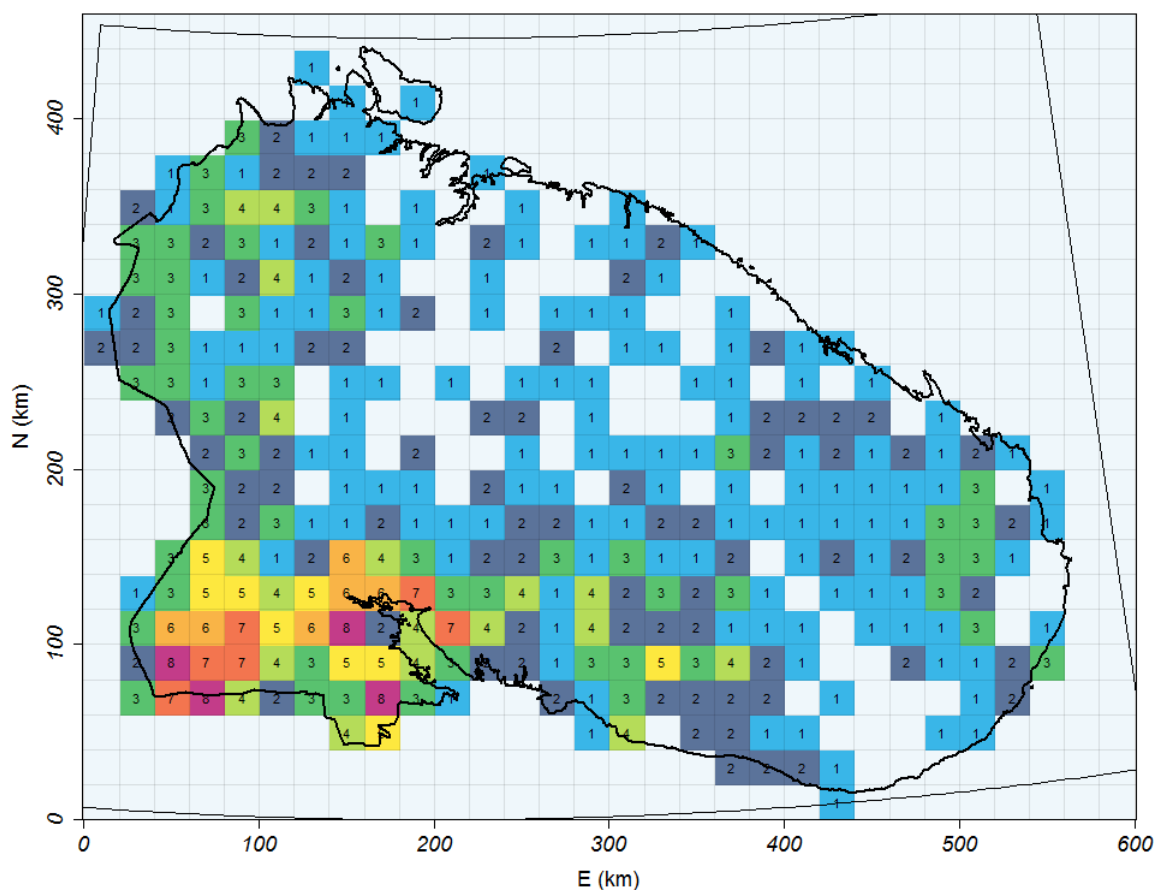


Рис. 2. Суммарное количество грозовых дней в ячейке 20×20 кв. км в Мурманской области в 2023 г.
Fig. 2. Total number of thunderstorm days in a 20×20 square km cell in Murmansk region in 2023

Для сравнения на рисунке 3 представлено аналогичное распределение для соседней с Мурманской областью финской провинцией Лаппи (Лапландия). При видимой схожести распределения (увеличение числа грозовых дней с севера на юг) молниевая активность в Лапландии значительно превосходит таковую в Мурманской области, что связано с более теплым и влажным летним климатом из-за большего влияния Гольфстрима.

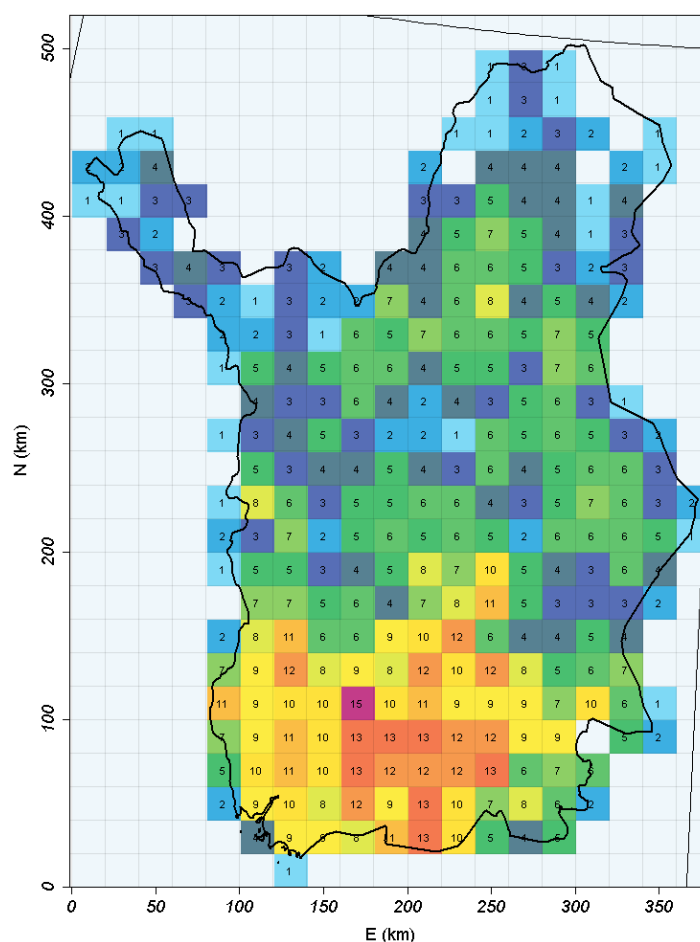


Рис. 3. Суммарное количество грозовых дней в ячейке 20×20 кв. км в 2023 г. в провинции Лапландия
Fig. 3. Total number of thunderstorm days in a 20×20 square km cell in 2023 in Lapland region of Finland

На рисунках 4 и 5 показаны распределения числа разрядов в ячейках 20×20 кв. км в 2023 г. на территории Мурманской области и в провинции Лапландия соответственно. В 2023 г. на территории Лапландии зарегистрировано 9259 разрядов в землю, то есть почти в 4 раза больше, причем площадь Мурманской области на 56 % больше (144 902 кв. км против 92 683 кв. км у Лапландии). Таким образом, средняя плотность разрядов в Лапландии в 6 раз выше, что также является следствием более теплого и влажного лета. В табл. 3 для сравнения приведены средние плотности ударов молнии в землю для Мурманской области и соседних регионов.

Таблица 3

Средние плотности разрядов молнии в северных регионах
Average densities of lightning strikes in northern regions

Показатель	Мурманская область	Провинция Лапландия	Республика Карелия	Архангельская область*
Площадь, кв. км	144902	92683	180520	330103
Число разрядов в 2023 г.	2327	9259	28412	27688
Средняя плотность разрядов, шт/кв. км	0,016	0,100	0,157	0,084

* Материковая часть без Ненецкого автономного округа.

* Mainland without Nenets Autonomous Okrug.

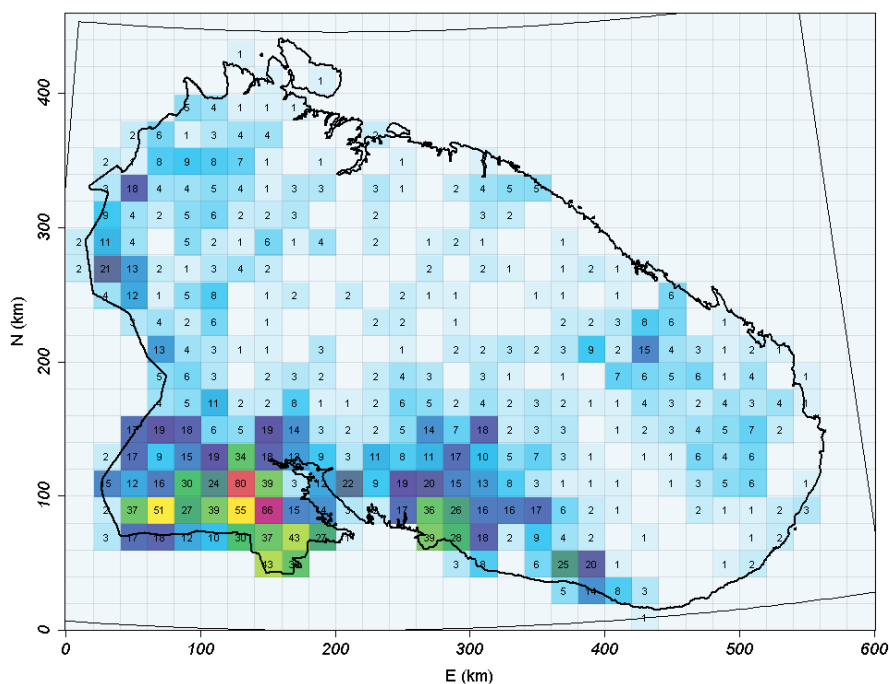


Рис. 4. Суммарное число молниевых разрядов в ячейке 20×20 кв. км в Мурманской области в 2023 г.
Fig. 4. The total number of lightning strikes in a 20×20 square km cell in Murmansk region in 2023

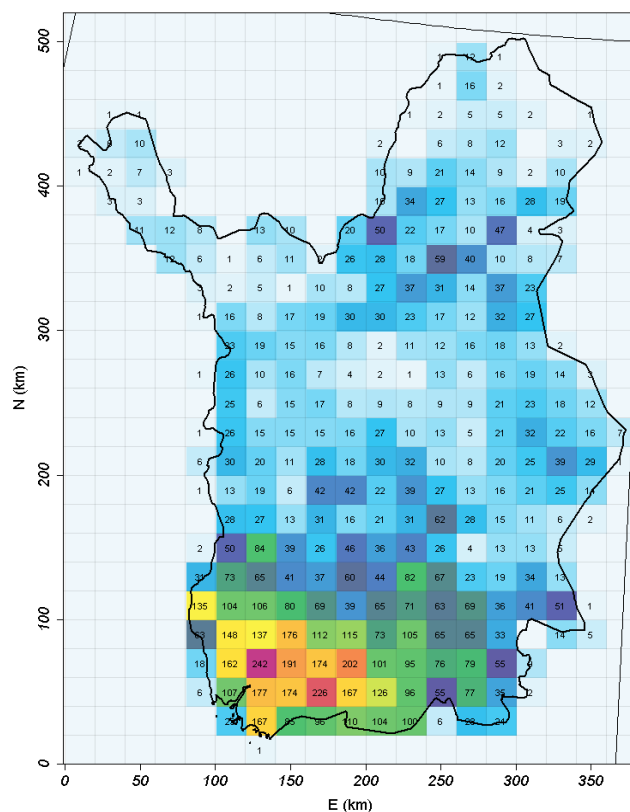


Рис. 5. Суммарное число молниевых разрядов в ячейке 20×20 кв. км в 2023 г. в провинции Лапландия
Fig. 5. The total number of lightning strikes in a 20×20 square km cell in 2023 in Lapland region of Finland

Анализ аварийности в электрических сетях Мурманской области по причине молниевых воздействий

Несмотря на тот факт, что молниевая активность в Мурманской области низкая, доля отключений линий электропередачи по причине атмосферных перенапряжений выше, чем в регионах с высокой молниевой активностью, и достигает 30 % от общего числа отключений. Причиной этого является высокое удельное сопротивление грунта. С одной стороны, это ограничивает значение тока молнии, но с другой препятствует отводу энергии разряда в землю, что приводит к перекрытию линейной изоляции.

По информации, полученной от служб линий энергетических предприятий Мурманской области, в 2023 г. «грозовые» отключения воздушных линий электропередачи произошли 66 раз, что больше, чем в 2017 и 2021 гг., когда зарегистрированное число разрядов молнии в землю было немногим больше, чем в 2023 г. В табл. 4 представлены сравнительные данные по молниевой активности и числу отключений за период с 2015 по 2023 г., а на рис. 6 эти же данные проиллюстрированы графиком, который демонстрирует явный периодический характер молниевой активности.

Таблица 4

Молниевая активность и грозовые отключения ВЛ в Мурманской области в 2015–2023 гг.
Lightning activity and lightning outages in the Murmansk region in 2015–2023

Источник	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Число молниевых разрядов в землю	416	8036	2555	7476	4287	1440	2944	8005	2327
Суммарное число отключений ВЛ	9	108	26	120	76	23	50	158	66

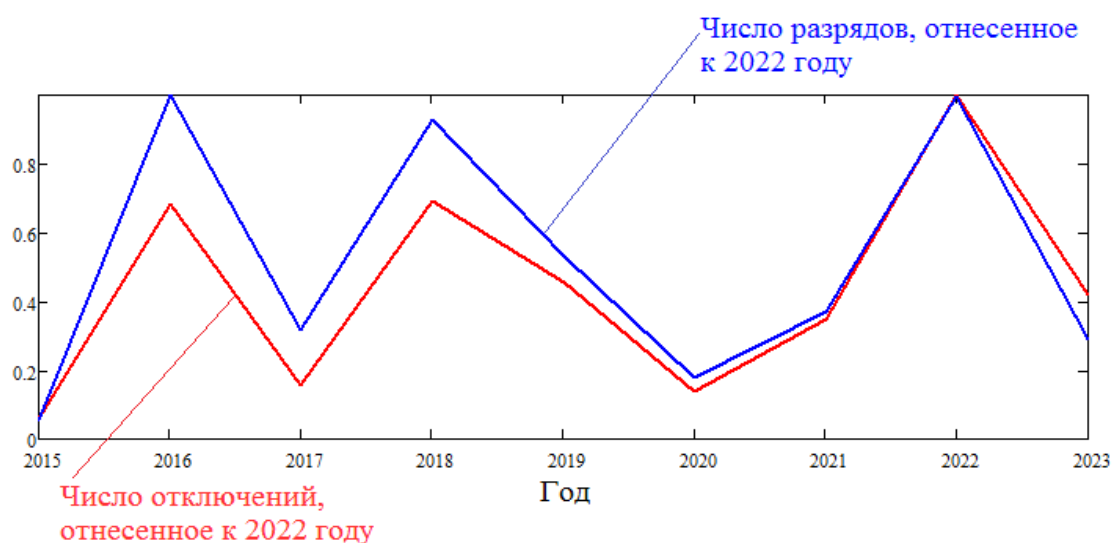


Рис. 6. Молниевая активность и грозовые отключения ВЛ в Мурманской области в 2015–2023 гг.

Fig. 6. Lightning activity and lightning outages in the Murmansk region in 2015–2023

В 2023 г. зафиксировано 130 событий, в результате которых в зону действия молниевых разрядов попали объекты классов напряжений 35–330 кВ, из них в 7 событиях в зону действия попали подстанции. На рис. 7 показан пример возможной зоны поражения молниевым разрядом, которая определяется погрешностью определения места удара молнии в землю. Неустранимые погрешности локализации разрядов возникают из-за конечного значения скорости света, вследствие погрешностей измерения координат и времени спутниковыми системами позиционирования, но основная причина — это значительная длина канала молнии, которая может достигать нескольких километров. Канал излучает электромагнитную волну, которая принимается антеннами десятков приемников сети грозопеленгации, находящимися на расстоянии сотен километров

от места разряда. Для вычисления координат разряда используется метод ТОА (Time of Arrival), который основан на времени распространения сигнала от источника до приемника [6]. Так как канал молнии не является точечным источником, его координаты определяются с ошибкой, как минимум равной размеру проекции канала молнии на горизонтальную плоскость.

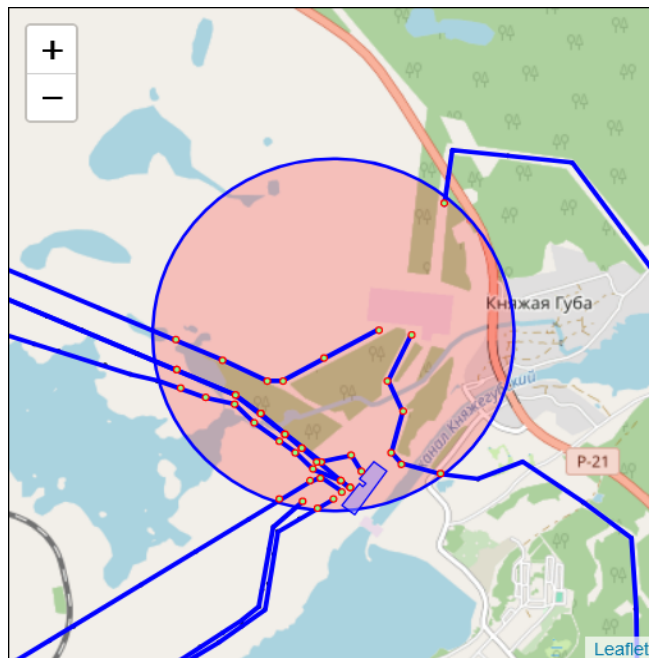


Рис. 7. Пример зоны поражения молниевых разряда
Fig. 7. Example of a lightning strike zone

Размер зоны поражения может быть от 1 до 5 км, реальные координаты удара молнии с равной вероятностью находятся в этой области. В приведенном примере размер области поражения составляет 1600 м, в него попали одна подстанция класса 330 кВ, одна ГЭС с распрестройством 110–150 кВ, 45 металлических и деревянных опор ВЛ классов 110, 150 и 330 кВ. Расстояние от центра зоны поражения до ближайшего объекта составило 124 м. Всего в 2023 г. зарегистрировано 5 событий, в которых расстояние от центра зоны поражения до ближайшего объекта было меньше 100 м.

Заключение

Молниевая активность в Мурманской области в 2023 г. была умеренной, количество разрядов молнии в землю сравнимо с этим показателем в 2017 и 2021 гг. Некоторое относительное увеличение числа грозových отключений линий электропередачи может быть связано с пространственным перераспределением молниевых разрядов и, как следствие, с более частым поражением объектов электроэнергетики в 2023 г. При малом общем числе разрядов и концентрации промышленных объектов на ограниченной территории даже небольшие изменения в направлениях движения грозových фронтов приводят к существенным изменениям в вероятности поражения ВЛ и подстанций.

Список источников

1. Бурцев А. В., Невретдинов Ю. М. Анализ результатов регистраций грозовой активности на Кольском полуострове в 2013–2014 гг. // Труды Кольского научного центра РАН. 2015. Т. 6, № 6 (32). С. 34–40.
2. Анализ результатов регистрации грозовой активности на Кольском полуострове за 2014–2016 годы / А. В. Бурцев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 8, № 8 (15). С. 50–56.

3. Селиванов В. Н., Бурцев А. В., Колобов В. В. Анализ молниевой активности на Кольском полуострове в 2019–2020 гг. // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. Т. 11, № 7 (19). С. 40–52.
4. Анализ молниевой активности в Мурманской области в 2021 году / В. Н. Селиванов [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 3. С. 59–67.
5. Анализ молниевой активности в Мурманской области в 2022 г. / В. Н. Селиванов [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 6. С. 73–83.
6. Wanke E., Andersen R., Volgnandt T. World-Wide Low-Cost Community-Based Time-of-Arrival Lightning Detection and Lightning Location Network. 2016. URL: <http://www.blitzortung.org> (дата обращения: 15.08.2022).
7. Программа расчета промежуточных географических координат и построения продольного профиля протяженного объекта с заданным шагом: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619255 / А. В. Бурцев, В. Н. Селиванов; заявитель и правообладатель ФИЦ КНЦ РАН. № 2020618400; заявл. 27.07.2020; опубл. 13.08.2020, Бюл. № 8. 1 с.
8. Программа нахождения объекта, попавшего в зону действия грозового разряда, и оповещения пользователя о данном событии: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619102 / А. В. Бурцев, В. Н. Селиванов; заявитель и правообладатель ФИЦ КНЦ РАН. № 2020618392; заявл. 27.07.2020; опубл. 11.08.2020, Бюл. № 8. 1 с.
9. Программа оценки интенсивности воздействия грозовых разрядов на протяженные объекты: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021618127 / А. В. Бурцев, В. Н. Селиванов; заявитель и правообладатель ФИЦ КНЦ РАН. № 2021616805; заявл. 04.05.2021; опубл. 24.05.2021, Бюл. № 6. 1 с.
10. Молниевые разряды в землю на территории Мурманской области за период 2008–2023 гг.: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624577 / В. Н. Селиванов; заявитель и правообладатель ФИЦ КНЦ РАН. № 2023624352; заявл. 28.11.2023; опубл. 12.12.2023, Бюл. № 12. 1 с.
11. В Снежногорске прогремела гроза // Вечерний Мурманск. URL: https://vmnews.ru/nov_22/2023/02/14/v-snezhnogorske-progremela-groza (дата обращения: 17.04.2024).
12. В Мурманске прогремела зимняя гроза // Вечерний Мурманск. URL: https://vmnews.ru/nov_22/2023/10/17/v-murmanske-progremela-zimnyaya-groza (дата обращения: 17.04.2024).
13. Williams E. R. Lightning and climate: A review // Atmospheric Research. 2005. Vol. 76. P. 272–287.
14. Lightning in the Arctic / R. H. Holzworth [et al.] // Geophysical Research Letters. 2021. Vol. 48, No 7. e2020GL091366.
15. Thunderstorms near the North Pole / A. Popykina [et al.] // Atmosphere. 2024. Vol. 15, No 3. 310.

References

1. Burtsev A. V., Nevretdinov Yu. M. Analiz rezul'tatov registratsiy grozovoy aktivnosti na Kol'skom poluostrove v 2013–2014 gg. [Analysis of lightning activity registration results on the Kola Peninsula in 2013–2014]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Scientific Centre of the RAS], 2015, Vol. 6, No. 6 (32), pp. 34–40. (In Russ.).
2. Burtsev A. V., Yaroshevich V. V., Fastiy G. P., Karpov A. S. Analiz rezul'tatov registratsii grozovoy aktivnosti na Kol'skom poluostrove za 2014–2016 gody [Analysis of lightning activity registration results in the Kola Peninsula in 2014–2016]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Scientific Centre of the RAS], 2017, Vol. 8, No. 8 (15), pp. 50–56. (In Russ.).
3. Selivanov V. N., Burtsev A. V., Kolobov V. V. Analiz molnievoy aktivnosti na Kol'skom poluostrove v 2019–2020 gg. [Analysis of lightning activity on the Kola Peninsula in 2019–2020]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Scientific Centre of the RAS], 2020, Vol. 11, No. 7 (19), pp. 40–52. (In Russ.).
4. Selivanov V. N., Burtsev A. V., Ivonin V. V., Kolobov V. V. Analiz molnievoy aktivnosti v Murmanskoy oblasti v 2021 godu [Analysis of lightning activity in the Murmansk region in 2021]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Transactions of the Kola Scientific Centre of the RAS. Series: Engineering Sciences], 2022, Vol. 13, No. 3, pp. 59–67. (In Russ.).

5. Selivanov V. N., Burtsev A. V., Kizenkov A. N., Suloev A. A. Analiz molnievoy aktivnosti v Murmanskoy oblasti v 2022 godu [Analysis of lightning activity in the Murmansk region in 2022]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Transactions of the Kola Scientific Centre of the RAS. Series: Engineering Sciences], 2023, Vol. 14, No. 6, pp. 73–83. (In Russ.).
6. Wanke E., Andersen R., Volgnandt T. World-Wide Low-Cost Community-Based Time-of-Arrival Lightning Detection and Lightning Location Network, 2016. Available at: <http://www.blitzortung.org> (accessed 02.05.2023).
7. Burtsev A. V., Selivanov V. N. *Programma raschyota promezhutochnykh geograficheskikh koordinat i postroeniya prodol'nogo profilya protyazhyonnogo ob"ekta s zadannym shagom* [Program for estimation of intermediate geographical coordinates and construction of longitudinal profile of an extended object with a set step]. The certificate of state registration of the computer program. No. 2020619255, claimed 27.07.2020, published 13.08.2020, bul. No. 8, 1 p. (In Russ.).
8. Burtsev A. V., Selivanov V. N. *Programma nahozhdeniya ob"ekta, popavshego v zonu deystviya grozovogo razryada, i opoveshcheniya pol'zovatelya o dannom sobytii* [A program for finding an object that has fallen within the range of a lightning discharge and notifying the user about this event]. The certificate of state registration of the computer program. No. 2020619102, claimed 27.07.2020, published 11.08.2020, bul. No. 8, 1 p. (In Russ.).
9. Burtsev A. V., Selivanov V. N. *Programma otsenki intensivnosti vozdeystviya grozovykh razryadov na protyazhyonnye ob"ekty* [Program for assessing the intensity of the impact of lightning discharges on extended objects]. The certificate of state registration of the computer program. No. 2021618127, claimed 04.05.2021, published 24.05.2021, bul. No. 6, 1 p. (In Russ.).
10. Selivanov V. N. *Molnievye razryady v zemlyu na territorii Murmanskoy oblasti za period 2008–2023 gg.* [Lightning discharges into the ground in the Murmansk region for the period 2008–2023]. The certificate of state registration of the database No. 2023624577, claimed 28.11.2023, published 12.12.2023, bul. No. 12, 1 p. (In Russ.).
11. V Murmanske progremela zimnyaya groza [A winter thunderstorm hit Murmansk]. *Vecherniy Murmansk* [Evening Murmansk newspaper]. (In Russ.). Available at: https://vmnews.ru/nov_22/2023/10/17/v-murmanske-progremela-zimnyaya-groza (accessed 17.04.2024).
12. V Snezhnogorske progremela groza [A thunderstorm hit Snezhnogorsk]. *Vecherniy Murmansk* [Evening Murmansk newspaper]. (In Russ.). Available at: https://vmnews.ru/nov_22/2023/02/14/v-snezhnogorske-progremela-groza (accessed 17.04.2024).
13. Williams E. R. Lightning and climate: A review. *Atmospheric Research*, 2005, Vol. 76, pp. 272–287.
14. Holzworth R. H., Brundell J. B., McCarthy M. P., Jacobson A. R., Rodger C. J., Anderson T. S. Lightning in the Arctic. *Geophysical Research Letters*, 2021, Vol. 48, No 7, e2020GL091366.
15. Popykina A., Ilin N., Shatalina M., Price C., Sarafanov F., Terentev A., Kurkin A. Thunderstorms Near the North Pole. *Atmosphere*, 2024, Vol. 15, No 3, 310.

Информация об авторах

В. Н. Селиванов — кандидат технических наук, директор;
А. Н. Кизенков — начальник службы воздушных линий электропередачи;
А. А. Сулоев — начальник службы воздушных линий электропередачи.

Information about the authors

V. N. Selivanov — PhD (Engineering), Director;
A. N. Kizenkov — Chief of Overhead Power Line Service;
A. A. Suloev — Chief of Overhead Power Line Service.

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 06.06.2024.
The article was submitted 24.05.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 06.06.2024.