

УДК 656.6

АНАЛИЗ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ WWLLN ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПРАЙТОВ ЗА 2015-2021 ГОДА

Евтушенко Андрей Александрович¹, доцент кафедры математики
e-mail: a_evtushenko@inbox.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В работе проведено исследование данных грозопеленгационной сети WWLLN за период с 2015 по 2021 год. Показано, что молниевая активность имеет высокую годовую вариабельность. С 2015 по 2019 год наблюдается тренд на уменьшение количества зарегистрированных молниевых разрядов, а в 2020-2021 лишь небольшое возрастание. Структура распределения количества молний по токам неравномерна: в 2015-2016 годах количество разрядов с токами более 100 кА составляет около 25%, что должно существенно увеличить количество спрайтов.

Ключевые слова: высотные разряды, спрайты, глобальное распределение, система грозопеленгации, импульсный дипольный момент.

ANALYSIS OF WWLLN LIGHTNING DIRECTION FINDING SYSTEM DATA FOR MODELING GLOBAL SPRITE DISTRIBUTION FOR 2015-2021

Andrey A. Evtushenko¹, Associate Professor of the Department of Mathematics
e-mail: a_evtushenko@inbox.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Россия

Abstract. The paper examines the data of the WWLLN lightning direction finding network for the period from 2015 to 2021. It is shown that lightning activity has a high annual variability. From 2015 to 2019, there is a trend towards a decrease in the number of registered lightning discharges, and only a slight increase in 2020-2021. The structure of the distribution of the number of lightning flows is uneven: in 2015-2016, the number of discharges with currents of more than 100 kA is about 25%, which should significantly increase the number of sprites.

Ключевые слова: high-altitude discharges, sprites, global distribution, lightning direction finding system, pulsed dipole moment.

Спрайты являются одними из самых больших разрядов в атмосфере Земли и ярким проявлением электромагнитного взаимодействия нижней и средней атмосферы [1]. Условия для инициации спрайта создаются после особенно мощных тропосферных разрядов облако-земля, когда на стадии непрерывного тока из облака переносится

электрический заряд в десятки и иногда сотни Кулон, а дипольный момент нескомпенсированного заряда в облаке несколько сотен Кл·км [2]. Натурные наблюдения высотных разрядов, в совокупности с лабораторными экспериментами и численным моделированием, свидетельствуют о значительных локальных возмущениях параметров атмосферы, сопровождающих развитие спрайтов [3]. Динамика основных химических компонентов ночных спрайтов при использовании самосогласованного радиально-симметричного моделирования подробно рассмотрена в [4]. Согласно полученным результатам, характерное время релаксации возмущения концентрации электронов после единичного спрайта изменяется с высотой от нескольких секунд до 10 минут, при этом радиус возмущения ионного состава может достигать нескольких десятков километров. Особо мощные мезомасштабные системы способны создавать условия для инициации последовательности высотных разрядов, в следствие чего могут формироваться долгоживущие, накапливающиеся возмущения проводимости. Степень влияния высотных разрядов, в частности спрайтов, на физико-химический состав атмосферы остаётся недостаточно изученным вопросом. Продвижение в понимании этих процессов требует, прежде всего, исследования распространенности и частоты инициации спрайтов. Однако, в настоящее время отсутствуют достоверная статистика и параметры глобального распределения спрайтов, основанные на данных непосредственных наблюдений. Это связано, в первую очередь, с отсутствием глобальной системы наблюдения за спрайтами (высотными разрядами), организация которой сопряжена с серьёзными техническими и финансовыми трудностями. В связи с этим разработка и совершенствование косвенных методов оценки спрайтовой активности – как в глобальном, так и в региональном масштабе – представляет собой приоритетную и крайне актуальную задачу.

Настоящая работа развивает ранее предложенную параметризацию глобального распределения спрайтовой активности, основанную на данных глобальной сети грозопеленгации WWLLN за 2016 год [5]. В данной статье в качестве исходных данных взяты данные WWLLN за период с 2016 по 2021 годы, что в первую очередь позволило увидеть высокую годовую вариабельность глобального количества спрайтов и сделать предположения о ее причинах. При моделировании были использованы параметры, соответствующие базовому сценарию, аналогично тому, как это было сделано для территории России [6].

Таблица 1. Статистика токов за период с 2015 по 2021 год. Распределение количества молниевых разрядов по токам, общее количество молний за год, средний ток за год

Год	Группа 1 (15-100 кА)	Группа 2 (100-200 кА)	Группа 3 (200-300 кА)	Группа 4 (300+ кА)	Кол-во разрядов, шт	Средний ток, кА
2015	71,06%	21,18%	4,33%	3,43%	102 791 959	95,14
2016	76,58%	17,61%	3,38%	2,43%	95 025 747	82,47
2017	84,43%	11,98%	2,12%	1,46%	89 775 108	65,54
2018	87,66%	9,88%	1,59%	0,87%	88 867 364	57,43
2019	91,27%	7,10%	1,02%	0,61%	78 960 852	49,09
2020	90,29%	7,72%	1,22%	0,77%	73 955 115	50,77
2021	88,72%	8,95%	1,45%	0,88%	87 565 766	54,86

Развитие высотных разрядов и их инициация тесно связаны с молниевой активностью в тропосфере, а если говорить о спрайтах, то именно мощные, переносящие большой заряд между облаком и земной поверхностью, молниевые разряды являются их первопричиной. В Таблице 1 представлена обработанная информация по данным WWLLN о зафиксированных молниевых разрядах: оставлены только ночные разряды (ночь



определяется по уходу Солнца за горизонт на высоте 90 км), исключены слабые молнии с пиковым током менее 15 кА. Как было показано в [6], для анализа имеет смысл разделить разряды по току на 4 Группы. Группа 1 для каждого года или другого периода времени самая многочисленная: характерные значения как для положительных, так и для отрицательных разрядов облако-земля, инициируемых в отдельных грозовых ячейках, находятся именно в ней. Но если рассматривать эти молнии с точки зрения инициации спрайтов, то эффективность их крайне мала, и, следовательно, высокое процентное содержание разрядов в этой группе скорее всего приведет к малому количеству высотных разрядов [6]. Группы 2 и Группа 3 вносят сравнимые вклады в количество инициированных спрайтов: несмотря на количественное отличие между группами, эффективность в Группе 3 значительно выше. Группа 4, хоть и имеет очень высокие токи, вносит незначительный вклад в количество спрайтов.

Как видно из Таблицы 1, распределение по группам не является постоянным и значительно изменяется год к году: в 2015 году наблюдается минимальное процентное содержание разрядов в Группе 1, с последующим ростом почти на 30% к 2019 году и плавным снижением в 2020-2021 годах. Группы 2-4 имеют обратную тенденцию: их процентное содержание падает в 2015-2019 годах, с последующим плавным восстановлением. На первый взгляд можно сделать вывод о том, что идет переход из Групп 2-4 в Группу 1, но это не так. Наряду с изменениями в процентном содержании разрядов по группам наблюдается изменение в общем количестве зафиксированных молниевых разрядов: идет падение количества с 2015 года по 2020, и лишь в 2021 году происходит резкий рост. В совокупности получается, что в реальных величинах количество разрядов в Группе 1 незначительно меняется год к году от 72 до 77 млн. шт. и лишь 2020 год несколько выбивается из общего ряда, снижаясь до 66 млн. шт.

Одной из важнейших характеристик молниевых разрядов является пиковый ток, усредненное значение для которого по годам приведено в Таблице 1. Различия в распределении количества молний по группам приводят к существенным отличиям по среднему току. В 2015 году средний ток составляет 95,14 кА, в то время как в 2018-2021 годах средний ток около 50 кА. Установить четкую зависимость между пиковым током молнии и импульсным дипольным моментом нескомпенсированного заряда в облаке не представляется возможным, но с уверенностью можно утверждать, что столь высокое значение среднего тока в 2015 году приведет к значительно большему количеству спрайтов, чем в другие рассматриваемые годы.

Список литературы:

1. Pasko V. P. Recent advances in theory of transient luminous events // Journal of Geophysical Research: Space Physics. – 2010. – Vol. 115. – № 6. – P. 1-24.
2. Qin J. Minimum charge moment change in positive and negative cloud to ground lightning discharges producing sprites / J. Qin, S. Celestin, V. P. Pasko // Geophysical Research Letters. – 2012. – Vol. 39. – № 22. – L22801.
3. Gordillo-Vázquez, F. J. A review of the impact of transient luminous events on the atmospheric chemistry: Past, present, and future / F. J. Gordillo-Vázquez, F. J. Pérez-Invernón // Atmospheric Research. – 2021. – Vol. 252. – P. 105432.
4. Евтушенко А. А. Самосогласованная модель ночного спрайта / А. А. Евтушенко, Ф. А. Кутерин // Изв. ВУЗов – Радиофизика. – 2015.
5. Evtushenko A. Parameterization and global distribution of sprites based on the WWLLN data / A. Evtushenko, N. Ilin, E. Svechnikova // Atmospheric Research. – 2022. – Vol. 276. – P. 106272.



- Материалы международного научно-промышленного форума
Секция I Интеллектуальные системы управления на транспорте,
информационные и беспилотные технологии и современные
системы навигации*

