

УДК 656.6

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПРАЙТОВ НАД СУШЕЙ И ОКЕАНОМ

Евтушенко Андрей Александрович¹, доцент кафедры математикиe-mail: a_evtushenko@inbox.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Работа развивает параметризацию глобального распределения спрайтовой активности на основе данных глобальной сети гронопеленгации WWLLN, расширяя исходный ряд до периода 2015–2021 гг. Внутригодовая динамика всех молний близка к сезонному ходу конвективной доступной потенциальной энергии (CAPE) и объясняется противофазностью вкладов Северного и Южного полушарий; сезонный же ход спрайтов повторяет ход мощных молний и заметно отличается от хода CAPE. Это отличие объясняется тем, что при повышении порога по току снижается вклад внутриконтинентальных гроз, а из-за асимметрии суши между полушариями это сильнее всего сказывается на осенне-зимней активности Северного полушария.

Ключевые слова: высотные разряды, спрайты, глобальное распределение, распределение суши/океан, система гронопеленгации, импульсный дипольный момент.

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF SPRITES OVER LAND AND OCEAN

Andrey A. Evtushenko¹, Associate Professor of the Department of Mathematicse-mail: a_evtushenko@inbox.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This paper develops a parameterization of the global distribution of sprite activity based on data from the WWLLN global lightning direction-finding network, extending the original dataset to the period 2015–2021. The intra-annual dynamics of all lightning events are close to the seasonal variability of convective available potential energy (CAPE) and are explained by the antiphase contributions of the Northern and Southern Hemispheres. The seasonal variability of sprites, however, follows that of strong lightning events and differs significantly from the CAPE variability. This difference is explained by the fact that as the current threshold increases, the contribution of inland thunderstorms decreases, and due to the asymmetry of land between the hemispheres, this has the greatest impact on autumn-winter activity in the Northern Hemisphere.

Keywords: high-altitude discharges, sprites, global distribution, land/ocean distribution, lightning detection system, impulse dipole moment.

В качестве исходных данных в настоящей работе взят ряд WWLLN за период с 2015 по 2021 год. Расширение временного охвата по сравнению с [1] впервые позволило увидеть высокую межгодовую вариабельность глобального количества спрайтов и сделать предположения о её причинах. Проведен анализ межгодовой изменчивости молниевой статистики и роль в ней высокотокковых разрядов, а затем исследована связанная с ней межгодовая изменчивость спрайтов. Далее рассмотрена внутригодовая динамика сезонного хода спрайтов с объяснением его специфики через географию мощных разрядов.

Рис. 1а построен на данных WWLLN для ночных молниевых разрядов. Для каждого месяца строится нормированное на месячное число разрядов распределение по интервалам токов (шаг 5 кА), что по существу представляет собой плотность вероятности распределения разрядов по току и является, насколько нам известно, одной из первых подобных сводных картин. На Рис. 1а видно, что средний ток падает с 2015 года и лишь в 2021 году намечается тенденция к его росту; внутри каждого года прослеживается увеличение средних токов в начале года с локальным минимумом осенью. Отдельно отметим резкий скачок пиковых токов во всём диапазоне при переходе от июля к августу 2016 года. Не исключено, что эффект связан с изменением параметров работы самой системы WWLLN; такой информацией мы не располагаем, поэтому и используем данные “как есть”.

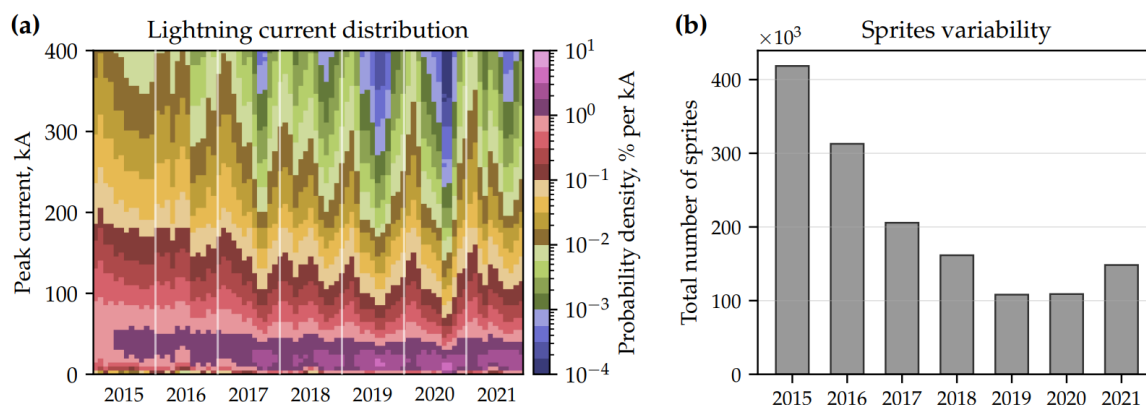


Рисунок 1 – Межгодовая изменчивость молниевой и спрайтовой активности по данным WWLLN за 2015–2021 гг.:

- (а) нормированное распределение ночных молниевых разрядов по пиковому току; каждый месячный спектр нормирован на общее число разрядов в соответствующем месяце, шаг по току составляет 5 кА;
- (б) оценённое с помощью параметризации глобальное количество спрайтов за отдельные годы

Закономерным следствием описанной картины является значительная межгодовая изменчивость спрайтов (Рис. 1б). В 2015 году наблюдается максимальное количество спрайтов — почти 420 тыс. шт. (около 0,8 спрайта/мин), что существенно больше, чем в остальные годы. Далее наблюдается монотонное падение; минимум приходится на 2019 и 2020 годы — 108,5 и 110 тыс. шт. соответственно. В 2021 году количество спрайтов вновь начинает возрастать. Столь значительный размах — падение примерно в 4 раза по сравнению с 2015 годом — заставляет иначе отнестись к результатам [1], где использовались данные WWLLN лишь за 2016 год: этот год, как теперь видно, не является типичным. К сожалению, доступный нам для исследования ряд имеет длину всего 7 лет, и сделать строгие утверждения о причинах столь сильной изменчивости спрайтовой активности по нему нельзя.

Seasonal variability of sprites

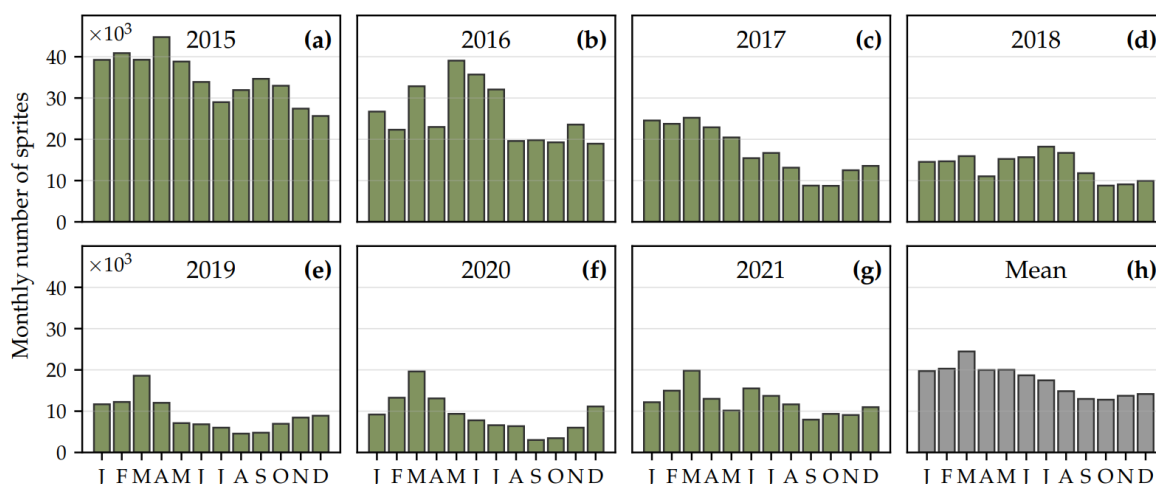


Рисунок 2 – Сезонная вариация оценённого количества спрайтов за 2015–2021 гг., рассчитанная по данным WWLLN. Панели (a)–(g) соответствуют отдельным годам, панель (h) показывает среднюю сезонную вариацию за рассматриваемый период

На усреднённой кривой (панель h) отчётливо видна вариация с максимумом в марте и минимумом в сентябре–октябре: активность спрайтов с января по июнь в среднем примерно на 30% выше, чем с июля по декабрь. Структура отдельных лет несколько отличается от усреднённой картины. Для лет с низкой активностью (2018–2020) отличия минимальны, тогда как для лет с высокой активностью характерно смещение наиболее интенсивных месяцев (2015, 2016) и даже формирование структуры с двумя максимумами (2015). Сезонный ход спрайтов почти повторяет ход мощных молний и заметно отличается от хода всех молний и CAPE. При учёте всех молний (ток более 0 кА) явный провал приходится на январь–февраль с последующим плавным ростом до августа и снижением к концу года; повышение же минимального порога по току смещает максимум на март, а минимум — на октябрь. При этом отметим, что для иллюстрации сезонного хода мощных разрядов бралась полная суточная выборка молний с $I_{\text{пик}} > 100$ кА, тогда как спрайты рассматриваются сугубо ночные. Это не искажает вывода о подобии их сезонных ходов, поскольку на месячном масштабе доля ночных и дневных мощных разрядов меняется слабо, а определяющим для формы кривой, как мы покажем далее, оказывается не суточная динамика, а география распределения молний.

По мере повышения порога по току молний в Северном полушарии снижается количество молний в осенне-зимние месяцы, что наиболее заметно в полосе 0° – 15° N, и именно этот провал и воспроизводится в параметризации спрайтов. Причина такого поведения, в свою очередь, кроется в относительном уменьшении числа разрядов над сушей по сравнению с океаном. Поскольку распределение суши между полушариями сильно асимметрично, именно в Северном полушарии, отвечающем за осенний максимум, эффект уменьшения количества разрядов сильнее. В конечном итоге это и отражается в сезонной вариации спрайтов.

Список литературы:

1. 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.