

УДК 656.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ РАЗРЯДОВ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

Евтушенко Андрей Александрович<sup>1</sup>, доцент

e-mail: [a\\_evtushenko@inbox.ru](mailto:a_evtushenko@inbox.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В работе проведено исследование спрайтовой активности в средних широтах Северного полушария, на примере территории России за 2015-2021 годы, на основе предложенной ранее глобальной модели, с применением данных грозопеленгационной сети WWLLN. Показано, что общее количество спрайтов за год изменяется в широких пределах: от 394 в 2019 году, до 2354 в 2015 году. Наиболее интенсивная спрайтовая активность обычно в июле, но возможно смещение на июнь и август. Наибольшая спрайтовая активность наблюдается в Краснодарском крае, на Алтае и на Дальнем Востоке.

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

## STUDY OF HIGH-ALTITUDE DISCHARGES OCCURRENCE IN MIDDLE LATITUDES

Evtushenko Andrey Aleksandrovich<sup>1</sup>, Associate Professor

e-mail: [a\\_evtushenko@inbox.ru](mailto:a_evtushenko@inbox.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The work carried out a study of sprite activity in the middle latitudes of the Northern Hemisphere, using the example of the territory of Russia for 2015-2021, based on the previously proposed global model, using data from the WWLLN lightning direction network. It is shown that the total number of sprites per year varies widely: from 394 in 2019 to 2354 in 2015. The most intense sprite activity almost always occurs in July, but in some years, there may be a shift to June (2015) and August (2021). The highest frequency of sprite initiation is observed in the Krasnodar Territory, Altai and the Far East.

**Keywords:** high-altitude discharges, sprites, global distribution, lightning detection system, impulse charge moment change.

Особо мощные мезомасштабные системы (ММКС) формируют условия для инициации высотных разрядов, которые способны приводить к долгоживущим возмущениям проводимости в верхней атмосфере. Оценка степени влияния высотных разрядов вообще и спрайтов в частности на физико-химические процессы в мезосфере не возможна без

понимания их распространенности и частоты инициации. Непосредственные наблюдения за высотными разрядами дают лишь локальную информацию, а надёжной статистики и параметров глобального распределения спрайтов в настоящее время не существует, и не предвидится, так как создание глобальной системы наблюдения за высотными разрядами недостижимо в первую очередь по финансовым соображениям. Поэтому развитие косвенных методов для оценки спрайтовой активности, как в глобальном, так и в региональном масштабе, является крайне актуальной задачей.

Ранее автором была предложена параметризация для исследования глобального распределения спрайтов по данным грозопеленгационной системы WWLLN [1]. Аналогичный подход применён для исследования спрайтов над территорией России за период 2015 – 2021 года. Инициация каждого спрайта связана с конкретным мощным молниевым разрядом, который называется родительским, что и даёт возможность предложить параметризацию для распределения спрайтов по данным сети грозопеленгации. Вместе с увеличением широты все больше проявляется сезонность для молниевой активности, уменьшается интенсивность гроз, что приводит к существенному снижению количества регистрируемых высотных разрядов, но их нельзя назвать очень редкими событиями [2]. Больших кампаний по наблюдению высотных разрядов непосредственно в России не проводилось, при этом описаны отдельные случаи регистрации спрайтов. Приведенные расчеты, несомненно, полезны для планирования наблюдений высотных разрядов с точки зрения места и времени, и дают оценку локальной спрайтовой активности над территорией России.

Проведённые исследования показывают, что количество спрайтов над Россией существенно изменяется год к году: от 394 в 2019 году, до 2354 в 2015 году (Рисунок 1), что можно было предполагать сразу из анализа первичных данных системы WWLLN. Неожиданным является тот факт, что динамика количества спрайтов над Россией близка к глобальной: с 2015 до 2019 года наблюдается плавное снижение количества спрайтов, и возрастание в 2020-2021 годах. Относительное падение в России в 2016, 2018 и 2021 меньше, чем глобальное, в оставшихся годах наоборот. Можно было ожидать, что изменение спрайтовой активности в средних широтах имеет большую амплитуду, но сравнение с глобальным распределением спрайтов показывает хорошее совпадение с глобальным трендом.

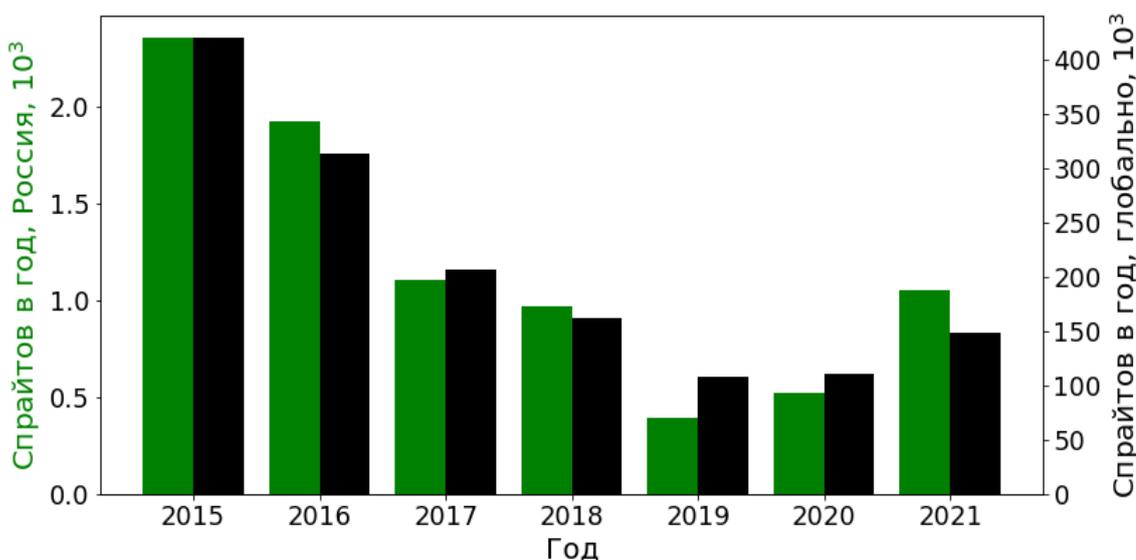


Рисунок 1 – Количество спрайтов над Россией и глобально в 2015 – 2021 годах

Спрайтовая активность над Россией имеет ярко выраженную сезонность (Рисунок 2): наибольшее количество высотных разрядов возникает с июня по август, при этом количество спрайтов с ноября по март пренебрежимо мало и составляет менее 2% от общего количества. В период с 2016 по 2020 года максимум количества спрайтов наблюдался в июле. Если в 2021 году август был самым активным месяцем, с минимальным превышением над июлем, то в 2015 году количество спрайтов в июне почти на 30% выше, чем в июле. Июнь 2015 года был аномальным месяцем, в котором было инициировано более 800 спрайтов, что сопоставимо с количеством спрайтов за 2019 и 2020 вместе взятых, или за 2018 и 2021 по отдельности. Интересно посмотреть на 2016 и 2021 год, когда наиболее высокое количество молний было зарегистрировано в августе и превышало июльский показатель на 30 – 50%. Количество спрайтов в августе 2021 года лишь незначительно превышает июльский показатель, а в 2016 году пик спрайтовой активности приходится на июль. То есть не всегда количество разрядов является определяющим, распределение токов очень важно.

Географическое распределение спрайтов за 2015 – 2021 годы над Россией получено усреднением расчётных данных за весь период Рисунок 3. Отчетливо видно увеличение количества спрайтов с уменьшением широты, что характерно для явлений атмосферного электричества в целом, так как меньшая влажность и интенсивность конвекции в более высоких широтах не способствуют активному разделению зарядов.

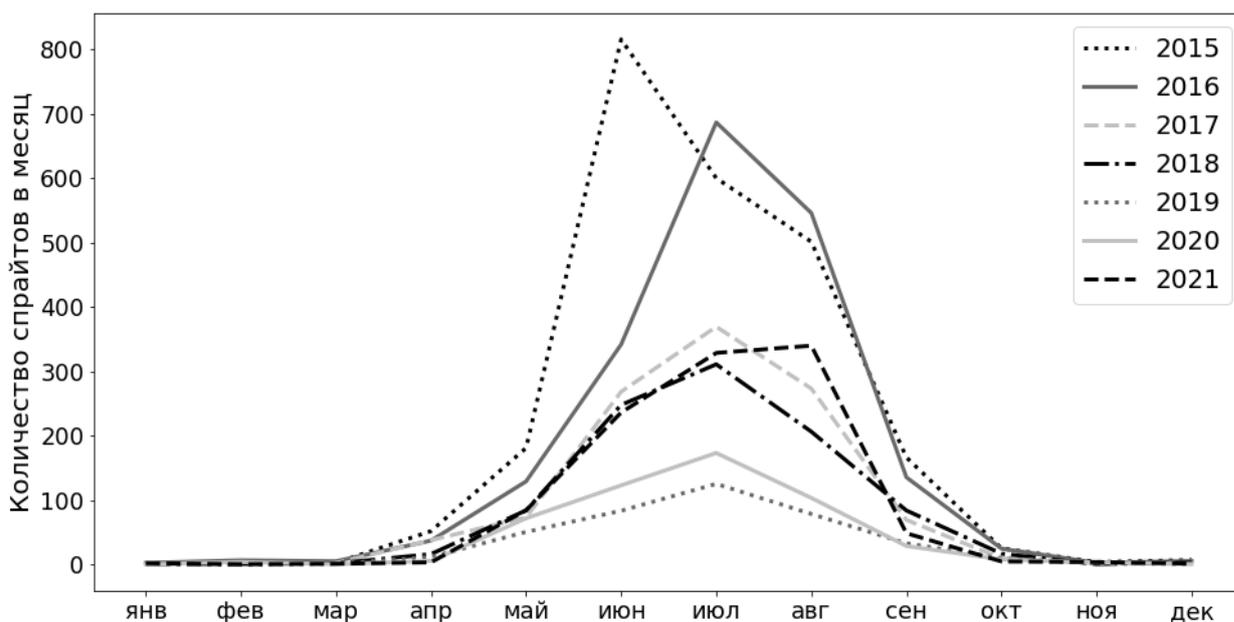


Рисунок 2 – Сезонная динамика количества спрайтов за 2015 – 2021 годы

Принимая во внимание данные расчетов по разным годам, можно условно выделить 3 области с высокой спрайтовой активностью: Краснодарский край, Алтай и Дальний восток (Рисунок 3). Алтай хорошо виден на итоговой карте, что связано с постоянно высоким количеством спрайтов из года в год. В работе [3] подробно исследовано формирование и развитие ММКС на территории от 70° до 90° восточной долготы и от 50° до 60° северной широты, то есть именно там, где средняя спрайтовая активность максимальная. Известно, что ММКС из-за своей структуры и больших горизонтальных размеров способны накапливать большие заряды, что с одной стороны способствует высокой молниевой активности, а с другой позволяет развиваться положительным молниевым разрядам, характеризующихся высоким током и перенесенным зарядом. Рассматриваемая в [3]

территория представляет лесоболотную зону со степенью заболоченности от 40% до 90%, и лесостепную с заболоченностью до 25% и большим количеством озер, что в летний сезон увеличивает влагозапас и конвективный потенциал атмосферы. Дополнительно на юго-востоке находятся горные системы, что так же способствует молниевой активности. В среднем за год на данной территории наблюдается 27 ММКС, с характерной площадью около 9000 км<sup>2</sup>.

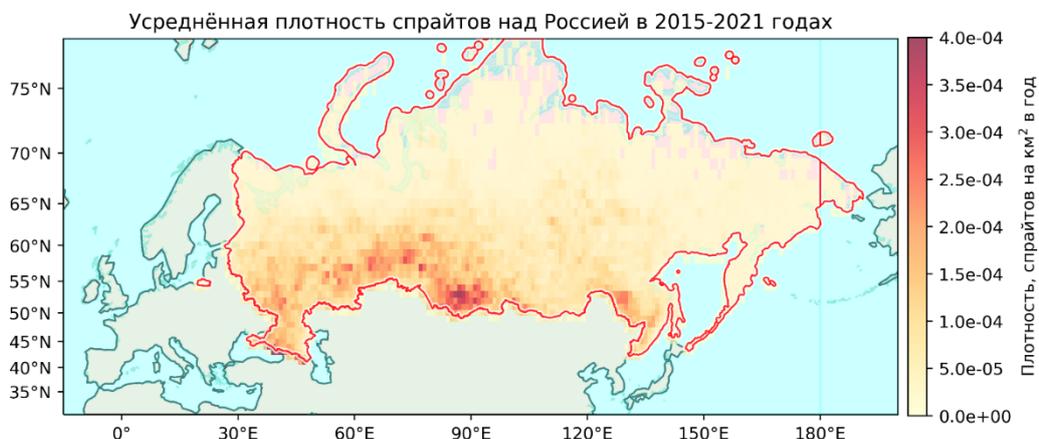


Рисунок 3 – Усреднённое распределение спрайтов над территорией России за 2015 – 2021 годы

Спрайтовая активность на Дальнем востоке и в Краснодарском крае, в отличие от Алтая, похоже определяется приходящими извне грозowymi системами, что и определяет сильную вариабельность не только год к году, но и от месяца к месяцу в течение летнего сезона. Средняя спрайтовая активность во всех трех выделенных регионах сопоставима в 2015 – 2016 годах, можно даже сказать, что в 2015 году общероссийская статистика спрайтов определялась европейской частью, но начиная с 2017 года наибольшее количество спрайтов на Алтае.

Таким образом, на основе данных гронопеленгационной сети WWLLN за 2015 – 2021 года и совокупности разработанных автором параметризаций [1] исследовано сезонное и географическое распределение активности инициации спрайтов на территории России. Показано изменение почти на порядок количества спрайтов год к году: от 394 в 2019 году, до 2354 в 2015 году. Годовая динамика инициации спрайтов имеет выраженный максимум в тёплое время года и в 5 из 7 исследуемых лет наибольшее количество спрайтов наблюдается в июле. Показано, что заметная спрайтовая активность находится южнее 65° по широте, с тенденцией к увеличению среднего количества спрайтов при движении в южном направлении. Выделены 3 региона с высокой спрайтовой активностью: Алтай, Краснодарский край, Дальний восток. Показано, что из-за особенностей рельефа и подстилающей поверхности на Алтае (лесоболотная и лесостепная зоны с высокой степенью заболоченности дополняются горной системой на юго-востоке) ежегодно создаются условия для формирования ММКС и высокой спрайтовой активности, а на Дальнем востоке и в Краснодарском крае спрайтовая активность определяется приходящими конвективными системами и имеет высокую вариабельность год к году.

### 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.
2. Sprite climatology in the Eastern Mediterranean Region / Y. Yair, C. Price, D. Katzenelson

[et al.] // Atmospheric Research. – 2015. – Vol. 157. – P. 108-118.

3. The spatio-temporal distribution of mesoscale convective complexes over the Southeastern Western Siberia / I. V. Kuzhevskaya, V. A. Zhukova, T. S. Koshikova [et al.] // Geosfernye issledovaniya. – 2021. – №3. – P. 115 – 124.

