**СРЕДНЕШИРОТНЫЕ И СУБАВРОРАЛЬНЫЕ КРАСНЫЕ ДУГИ СВЕЧЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**

В.Л. Халипов 1, А.Е. Степанов 2

1. Институт космических исследований, Москва, Россия
2. Институт космофизических исследований и аэрономии, Якутск, Россия

Красные дуги свечения верхней атмосферы были открыты французским астрономом
Daniel Barbier в период МГГ 1957 - 1959 гг. Свечение атмосферы, обнаруженное им в линии 630 нм, было стабильным в течение многих часов и охватывало долготы от горизонта до горизонта. При этом обычные формы полярных сияний наблюдались далеко к северу относительно красных дуг. Были выполнены многочисленные измерения, которые показали, что интенсивность свечения часто составляла 300 – 5000 Рл, но могла достигать десятков кР. Свечение зеленой линии атомарного кислорода регистрировалось, но было на два порядка менее интенсивным.
В следующем цикле солнечной активности последовали параллактические и
интерферометрические измерения красных дуг, которые показали, что максимум свечения расположен на высоте 450 км, и температура нейтральной атмосферы (Tn) под дугой не изменяется. Измерения на спутнике OGO-4 (Nagy, 1967) не обнаружили электрического поля в полосе красной дуги. Все эти измерения были выполнены на средних широтах и соотнесены с фазой восстановления магнитных бурь большой интенсивности.
В ИКФИА свечение ночного неба на субавроральных широтах исследуется с начала 70-
х годов. В работе Надубович и др. (1973) проанализированы параллактические измерения с трех и четырех пунктов сканерных наблюдений и установлено, что высоты максимума свечения с внедренной в них красной дугой составляют 170-180 км. В обсерватории Маймага проводились интерферометрические измерения Tn, комплексные оптические и ионозондовые измерения. Это позволило получить следующие результаты.
a) Красная дуга развивается в полосе поляризационного джета (ПД) и запаздывает на 30-
40 мин относительно момента возникновения ПД. При интенсивности возмущения АЕ~1000 нТ и более оба явления развиваются синхронно.
b) Под дугой Tn увеличивается на 200 - 400 К относительно уровня, определенного по
невозмущенным дням месяца. Рост температуры запаздывает на 1.5 – 2 часа относительно начала уярчения свечения в дуге (Алексеев, 1984; Халипов и др., 2018).
c) Субавроральные красные дуги развиваются на широте станции Жиганск (L = 4) при
уровне активности АЕ = 300-350 нТ. При АЕ = 500 нТ они смещаются на широту Якутска.
В детальном исследовании субвизуального фонового свечения атмосферы на
субавроральных широтах (Фельдштейн и др., 2012) обоснована точка зрения, что
источником свечения красных дуг являются остаточные высыпания электронов из силовых трубок на экваториальной границе электронного плазменного слоя. Дополнительное усиление свечения атомарного кислорода происходит в полосе ПД, где концентрация электронов в области F падает почти на порядок, что резко уменьшает дезактивацию возбужденных атомов кислорода (Халипов, 2018). Также действует фактор фрикционного разогрева среды под воздействием очень сильного электрического поля ПД 30 – 50 мВ/м.
Механизм образования классической красной дуги был разработан в статье (Cornwall et al., 1971). Энергичные ионы кольцевого тока в приэкваториальной области магнитосферы возбуждают ионно-циклотронные волны, которые ускоряют электроны среды вследствие действия механизма затухания Ландау. Возникшая популяция сверхтепловых электронов передает энергию в атмосферу, порождая красную дугу. Выяснилось, что этот механизм действительно работает, но наблюдаемая интенсивность ионно-циклотронных гармоник способна создать свечение красной линии интенсивностью 1.5-2.0 кРл.