Пространственная структура гигантских джетов

Склизков Г.В., Шелоболин А.В.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

Под гигантскими голубыми джетами (ГГД) понимаются многоканальные разряды между грозовой тучей и ионосферой, развивающиеся по образующим конуса. [1, 2]. Временное разрешение при регистрации этого явления имеет значение около 17 мс. Диапазон абсолютных высот над уровнем океана составляет от 15 км до 90 км, что отвечает плотности воздуха от 1018 – 1019 см–3 до 1014 см–3и температуре нейтральногогаза в диапазоне 200 – 280 K. При наземных измерениях достигнуто пространственное разрешение ~10 – 100 м.

Главные задачи, которые следует объяснить при анализе фотографий ГГД, можно разделить на четыре части.

1. Почему каналы ГГД располагаются почти эквидистантно по азимуту по образующим конуса?
2. Почему ГГД наблюдаются только в экваториальных широтах?
3. Почему верхняя граница ГГД не одинакова для [1] и [2]?
4. Почему в [1] наблюдается широкий ореол на ионосфере, и каков его физический смысл?

Первую из этих задач следует считать главной, поскольку она принципиально выделяет ГГД из всех волн ЭПГ. Азимутальная эквидистантность каналов ГГД не может быть объяснена на базе традиционной теории электрического пробоя газов, рассматривающей любую из его волн как фронтальную волну ионизации.дачами, которые необходимо решить. разрешение порядка 1 м. В [3] была предложена нелинейная плазменно-волноводная модель (НПВМ). Одно из ее положений предполагает, что на предварительном этапе в объеме нейтрального газа или слабоионизованной плазмы должны быть сформированы цилиндрические области повышенной ионизации, плазменные волноводы. Постановка задачи ГГД предполагает:

1. Над граничном участком грозового облака, имеющего форму круга диаметром, близким к D = 50 км, формируется изгиб поверхности ионизации ионосферы. Источником такого изгиба является излучение генератора океан-туча, работающем в режиме свободной генерации на минимальной частоте радиоизмерений ионосферы ν = 1 МГц, соответствующей граничной плотности ионизации D-слоя ионосферы 104 см–3. Грозовое облако является полупрозрачным зеркалом.
2. Вогнутая поверхность ионизации ионосферы и плоская поверхность грозового облака образуют полусферический резонатор, в котором образуются плазменные волноводы.
3. В качестве излучения генератора возможно лишь тормозное излучение электронов, которое инициируется сдвигом их функции распределения по кинетической энергии во внешнем поле.

Указанные положения доказываются на базе теории открытых резонаторов [4] и дают удовлетворительное совпадение с экспериментом. Кроме того, оценивается порог генерации через плотность электронов в атмосфере не выше 108см–3, а необходимая плотность внутрирезонаторного излучения на уровне 10–6 – 10–5Вт/cм2.

Литература

1. Pasco V.P., et. al. Nature, 416, 152 – 154, (2002) doi: 10.1038/416152a.
2. H.T. Su, et. al Nature. 423, 974 – 976. (2003).
3. Шелоболин А.В. Инженерная физика. 7, 35. (2014).
4. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. М: «Наука». (1979).