

ВСПЫШКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ГРОЗ (TGF), НАБЛЮДАЕМЫЕ С ОРБИТЫ И С ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Шлюгаев Ю.В.

Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова

Российской академии наук

yshl@ipfran.ru

TERRESTRIAL GAMMA-RAY FLASHES (TGF) ORIGINATING FROM THUNDERCLOUDS OBSERVED FROM ORBIT AND FROM THE GROUND

Yu.V. Shlyugaev

A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences

yshl@ipfran.ru

Впервые вспышки гамма-излучения из грозовых облаков были обнаружены орбитальными космическими аппаратами и потому стали называться наземными гамма-вспышками (TGF). Некоторые особенности регистрации TGF, такие как наблюдения только в области достаточно низких широт, где высота тропосферы и высота мощных конвективных облачных систем существенно больше, чем в средних и высоких широтах, последующая связь TGF с компактными внутриоблачными разрядами (CID), которые являются самыми мощными импульсными источниками радиоизлучения в атмосфере Земли, однозначно свидетельствовали о том, что источник TGF и CID находится на значительной высоте вблизи верхней кромки грозового облака и значительно выше областей, где формируются обычные молниевые разряды. Тем не менее существуют публикации, где авторы утверждают, что они регистрируют TGF на поверхности Земли, хотя распространение гамма-квантов вниз от тропопаузы маловероятно вследствие поглощения в плотной атмосфере. Анализ данных, приведенных в одной из таких работ [Wada et al., Sci. Adv. 11, eads6906 (2025)], демонстрирует, скорее, излучение, связанное с широким атмосферным ливнем (ШАЛ), порожденным частицей высокой энергии. Применение моделей лавин убегающих электронов, в том числе релятивистских, позволяет выделить общие черты механизмов генерации высокоэнергичных частиц в атмосфере.

Ключевые слова: гроза, молниевый разряд, гамма-излучение, широкий атмосферный ливень, орбитальные наблюдения.

Gamma-ray flashes (TGFs) originating from thunderclouds were first detected by orbital spacecraft, so they initially became known as terrestrial gamma-ray flashes. Certain features of TGF detection (such as observations only at quite low latitudes where the height of the troposphere and the height of powerful convective cloud systems are significantly greater than at middle and high latitudes, and the subsequent association of TGFs with compact intracloud discharges (CIDs) that are the most powerful pulsed sources of radio emission in Earth's atmosphere) unambiguously indicated that the source of TGFs and CIDs is located at a considerable altitude near the upper edge of the thundercloud, well above the regions where conventional lightning discharges form. Nevertheless, there are publications claiming the TGF registration at the Earth's surface. However, downward propagation of gamma quanta from the tropopause is highly unlikely due to absorption in the dense atmosphere. An analysis of data presented in the paper [Wada et al., Sci. Adv. 11, eads6906 (2025)] demonstrates radiation related to the extensive air shower (EAS) initiated by a high-energy particle. The application of avalanche models for runaway electrons, including relativistic ones, allows us to identify common characteristics of the generation mechanisms of high-energy particles in the atmosphere.

Keywords: thunderstorm, lightning discharge, gamma radiation, extensive air shower, orbital observations.