

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Зелёный М. Е., Стадничук Е. М.

ИЯИ РАН, г. Москва, Россия; МФТИ (ГУ), г. Долгопрудный, Россия

mi hail.zelenyy@phystech.edu

Большой интерес для физики атмосферы представляют явления terrestrial gamma flash (TGF) и thunderstorm ground enhancements (TGE) и связь этих явлений с образованием грозового разряда. Для объяснения данных явлений Гуревичем, Бабичем и Двайером были предложены модели основанные на пробое на убегающих электронах, однако данные модели не удовлетворяют полностью экспериментальным наблюдениям. Как развития идеи о взаимодействии высокоэнергетичных частиц и электрического поля предложена модель RL-TGE, основанная на представлении облака, как аналога ядерного реактора. При прохождении заряженной частицы в поле грозового облака образуется так называемая локальная ячейка ускорения. Ускоренные частицы в свою очередь генерируют вторичные высокоэнергетические частицы, которые будут в зависимости от текущего состояния облака, либо обеспечивать самоподдерживающуюся реакцию в течении длительного срока (TGE), либо приводить кратковременным всплескам гамма-излучения (TGF).

Модель имеет нескольких независимых компонент: распределения электрического поля, генератора выхода локальной ячейки, модуля транспорта и взаимодействия гамма-квантов.

Распределение электрического поля генерируется с помощью броуновского дерева и гауссового шума, также учитывается отражение облачного заряда от Земли. Выход локальной ячейки рассчитывается с помощью транспортного кода Geant4 при использовании физических процессов из модуля G4EmStandardPhysics. Считается, что в пределах размеров ячейки (цилиндра высотой 100 метров и радиусом 50 метров) поле является однородным по величине и направлению, ось ячейки всегда сонаправлена с направлением поля. В качестве варьируемых параметров задаются плотность воздуха, модуль электрического поля, энергия и угол влета первичной частицы. В качестве выходных данных симуляции выступали параметры частиц, покидающих ячейку: тип частицы, координата точки выхода, направление импульса, энергия, время выхода. Также подсчитывалась полная энергия ионизации ячейки и параметры позитронов в момент рождения. Транспорт гамма-квантов между ячейками рассчитывается на основе моделей Клейна-Нишины, Бете-Гайтлера и интерполированных экспериментальных сечений.

Симуляция происходит по следующему алгоритму. Задается начальное распределение фотонов и электронов, определяется наличие дополнительного внешнего источника этих частиц, задается распределение электрического поля. За одну итерацию симуляции делается следующее: разыгрывается пробег фотонов и результат взаимодействия с помощью транспортного модуля, удаляются фотоны покинувшие объем, разыгрывается взаимодействие электронов с ячейками с помощью генератора выхода локальной ячейки, следующая итерация. Симуляция завершается если погибают все фотоны или будет достигнут лимит по количеству фотонов.

В ходе моделирования найдены пространственно-энергетические спектры гамма-квантов и электронов выходящих из моделируемого объема, определено распределение энергии ушедшей на ионизацию.