ИОНИЗАЦИЯ ВОЗДУХА ТЕПЛОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ В АКТИВНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ "ФЛАКСУС" [[1]](#footnote-1)\*)

Лосева Т.В., Косарев И.Б., Ляхов А.Н., Зецер Ю.И.

Институт динамики геосфер им. ак. М.А. Садовского РАН, Москва, Россия, losseva@idg.chph.ras.ru

В активных геофизических ракетных экспериментах "ФЛАКСУС", проведенных в 90-х годах прошлого столетия Институтом динамики геосфер РАН, в ионосферу Земли на высоте 140 км инжектировалась высокоскоростная струя алюминиевой плазмы (V~ 40 км/с, Е~3 МДж). Инжекция выполнялась как вдоль, так и поперек геомагнитного поля. Численному моделированию динамики алюминиевых струй был посвящен целый ряд работ, главным результатом которых стало качественное согласие с данными наблюдений возмущений геомагнитного поля, полученными на поздней стадии эволюции плазменного образования (на больших временах после окончания инжекции). Экстремальные начальные параметры плазмы требуют самосогласованного учета радиационно-газодинамических процессов и неравновесной кинетики плазмы на начальной стадии инжекции.

Предложена гипотеза ионизации и возбуждения ионосферы под действием теплового излучения алюминиевой струи. Зависимость от времени параметров ионизирующего источника рассчитывалась с помощью численного моделирования начальной стадии динамики плазменной струи в рамках радиационно-газодинамической модели [1]. Для возбуждения и ионизации ионосферы тепловым излучением, испущенным плазмой струи, использовалась плазмохимическая 4-х компонентная модель для ионов O+, O2+, N2+, NO+ [2]. Параметры невозмущенной нейтральной атмосферы рассчитывались по модели MSIS90 для времени и высоты проведения эксперимента "ФЛАКСУС" (15 февраля 1999 года, 5:20 местного времени, 140 км). Фоновые концентрации ионов задавались по модели IRI2016. В качестве основных физических процессов, ответственных за изменение температуры электронов, рассматривался процесс нагрева электронов излучением и потери их энергии на упругие столкновения с положительными ионами, на упругие и неупругие столкновения с атомами и молекулами окружающего воздуха, на вращательное и колебательное возбуждение молекул кислорода и азота. В модели использовались аналитические аппроксимации [3] для всех рассматриваемых процессов потерь энергии. Расчеты показали, что тепловое излучение алюминиевой плазмы на начальной стадии ее динамики может создавать ионизационный предвестник с повышенной в десятки раз температурой электронов и с концентрацией, на четыре порядка превышающей фоновую.

Литература

1. Лосева Т.В., Голубь А.П., Косарев И.Б., Ляхов А.Н., Поклад Ю.В., Гаврилов Б.Г., Зецер Ю.И., Черменин А.В. Начальная стадия развития плазменной струи в активных геофизических ракетных экспериментах // Динамические процессы в геосферах. Выпуск 9. Сборник научных трудов ИДГ РАН М.: ГЕОС, 2017. С. 102-110.
2. Solar-Terrestrial Energy Program: Handbook of Ionospheric Models. 1996. Ed. R.W. Schunk. – 295 p.
3. *Кринберг И.А.* Кинетика электронов в ионосфере и плазмосфере Земли. М.: Наука. 1978. – 215 c.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Lt/en/FF-Loseva_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)