

# **Физические исследования и численное моделирование воздействия мощного потока радиоизлучения на нижнюю ионосферу**

**Ступицкий Евгений Леонидович, д.т.н.**

Моисеева Д. С., Моторин А. А.

Институт автоматизации проектирования РАН

В работе представлены численные исследования параметров нижней ионосферы на высотах 40-90 км при воздействии на нее мощного потока коротковолнового радиоизлучения различной частоты и мощности. Основное внимание уделяется взаимосвязи энергетических и кинетических параметров возмущенной D-области ионосферы в процессах, определяющих поглощение и трансформацию потока энергии радиолуча в пространстве и во времени. Показана возможность существенного различия в поведении параметров возмущенной области в дневное и ночное время как по величине, так и по пространственно-временному распределению. Ввиду отсутствия надежных значений констант скоростей ряда важных кинетических процессов, численные исследования велись поэтапно, с постепенным добавлением отдельных процессов и кинетических блоков, соответствующих вместе с тем определенному физическому содержанию. Показано, что главную роль при этом играют энергетические пороги для неупругих столкновений электронов с молекулами воздуха. Данный подход позволил обнаружить эффект возникновения автоколебательного режима изменения параметров, если главным каналом для потерь энергии в неупругих процессах является наиболее энергоемкий процесс – ионизация. Этот эффект может играть роль при плазменных исследованиях с использованием высокочастотных индукционных и емкостных разрядов. Представлены результаты расчетов ионизационных и оптических параметров возмущенной D-области для дневных условий. Получены значения электронной температуры, концентрации, коэффициентов излучения в видимом и инфракрасном диапазонах спектра для различных значений мощности радиолуча и его частоты в нижней ионосфере. Получено высотно-временное распределение поглощенной мощности излучения, что необходимо при исследованиях более высоких слоев ионосферы. Подробно исследовано влияние на электронную температуру и на общее поведение параметров энергии, которая расходуется электронами на возбуждение колебательных и метастабильных состояний молекул. Показано, что в ночных условиях, когда нижняя граница электронной концентрации поднимается до 80 км, а концентрация тяжелых частиц снижается на два порядка по сравнению со средней областью D-слоя, при достаточной мощности радиоизлучения может развиваться крупномасштабное газодинамическое движение. На основе численной схемы Мак-Кормака разработан алгоритм и выполнены двумерные газодинамические расчеты поведения параметров возмущенной области при определенных упрощениях кинетической части задачи.