

ПОДГОТОВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ КАМЕРОЙ ВСЕГО НЕБА, ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УЛЬТРАНИЗКОЧАСТОТНЫХ ВОЛН

Смотрова Е.Е. (Университет ИТМО),

Научный руководитель – кандидат технических наук, старший преподаватель Ежова В.В. (Университет ИТМО),

Научный консультант – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Михайлова О.С. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук)

Данная работа посвящена предварительной обработке изображений, получаемых камерой всего неба станции Исток (ИСЗФ СО РАН), установленной в рамках проекта PWING. Были написаны программы, направленные на восстановление интенсивности и улучшение визуального качества изображений. Преобразование географических координат изображения в геомагнитные позволило преобразовать изображения для выявления волновых структур полярных сияний.

Введение. Изучение явлений, происходящих во внутренней магнитосфере, например таких как ускорение электронов до энергий порядка нескольких МэВ, представляет интерес для научного сообщества. При этом одним из основных процессов ускорения этих электронов является взаимодействие самих электронов с ультранизкочастотными (УНЧ) волнами с диапазоном частот порядка нескольких МГц. Такие взаимодействия также способствуют потере энергии электронов и ионов с последующим высыпанием их в атмосферу.

Для количественного понимания подобных процессов существует множество различных инструментов как наземных, так и спутниковых. Среди наземных инструментов особое место занимают камеры всего неба. Они фиксируют полярные сияния, которые представляют собой свечения нейтральных частиц атмосферы из-за воздействия ускоренных и промодулированных УНЧ-волнами потоков заряженных электронов. Для полноценного изучения УНЧ-волн и модулированных потоков заряженных частиц необходимо исследовать полярные сияния в привязке к геомагнитным координатам.

На сегодняшний день актуальной задачей является объединение спутниковых и наземных наблюдений для восстановления полной цепочки процессов от магнитосферы до атмосферы. Преобразование географических координат снимков полярных сияний в геомагнитные позволит локализовать область магнитосферы, где произошло взаимодействие УНЧ-волны с заряженными частицами, и впоследствии вызвало полярное сияние. При этом для качественного анализа необходима подготовка изображений и создание наиболее эффективного представления временной зависимости изменения полярных сияний. На данный момент исследования полярных сияний проводятся лишь в географической системе координат, где временную зависимость изменения полярных сияний представляют с помощью кеограмм (срез пикселей изображений по линии север-юг) по широте или эвограмм (срез пикселей изображений по линии восток-запад) по долготе.

Основная часть. Для работы была выбрана камера всего неба, располагающаяся на станции Исток в распоряжении Института солнечно-земной физики СО РАН. Камера была установлена в рамках международного проекта PWING, представляющего обширную сеть наземных инструментов. Сама камера имеет пять интерференционных фильтров, три из

которых имеют временное разрешение 1,5 мин, что является достаточным для исследования волновых событий в миллигерцовом диапазоне.

Для работы с изображением, прежде всего, необходимо произвести калибровку камеры всего неба и привязать изображение к географическим координатам. Для этого нами используется программа калибровки камеры всего неба, разработанная в лаборатории физики нижней и средней атмосферы ИСЗФ СО РАН.

Обработка изображения реализована на языке программирования Python, и состоит из следующих шагов:

1. Коррекция плоского поля. Данный шаг убирает систематические пространственные неоднородности, связанные с работой ПЗС-матрицы. На данном шаге учитываются также вклад темнового тока и напряжение смещения.
2. Удаление звезд. Для этого использовался метод статистических вариаций интенсивности звезд.
3. Восстановление интенсивности изображения путем коррекции атмосферных эффектов, таких как эффект Ван Рина и атмосферное поглощение. Для последнего также была предпринята попытка оценки коэффициента атмосферного поглощения для каждого интерференционного фильтра.
4. Улучшение динамического диапазона в темной области для более четкого выделения волновых авроральных структур. Для этого применялась гамма-коррекция.

Преобразование географических координат в геомагнитные было реализовано на основе моделей магнитного поля вблизи поверхности Земли и на дальнем расстоянии. Вблизи Земли использовать модель магнитного поля IGRF, вдали от Земли – модель Цыганенко. На основе полученной сетки координат, связанной с геомагнитным полем, было реализовано несколько вариантов представления временной зависимости изменения полярных сияний, в которой производился срез интенсивности полярных сияний:

1. На фиксированном значении геомагнитной долготы;
2. Фиксированной области магнитосферы, где мог находиться космический аппарат на момент начала волнового события в магнитосфере;
3. Сопоставление наблюдений сияний на камерах всего неба с данными магнитных обсерваторий (при совпадении геомагнитных координат изображения с координатой выбранной наземной геомагнитной станции).

Получены изображения полярных сияний в координатах, где по оси абсцисс – геомагнитная долгота, а по оси ординат – значения геомагнитных оболочек.

Выводы. В ходе работы был написан набор программ, позволяющий подготовить изображение камеры всего неба станции Исток для последующего исследования взаимодействия УНЧ-волн с заряженными частицами. В дальнейшем планируется поиск и проведение совместного анализа подобных волновых событий, наблюдаемых спутниками в космосе и камерами всего неба на поверхности Земли.