

Заявка на конкурс научных работ ИКИ 2019 г.

Номинация: «Лучшая научная работа или цикл работ молодого ученого»

1. Автор

Балюкин И.И. (м.н.с. лаб. 534)

2. Название

SWAN/SOHO Lyman- α mapping: the Hydrogen Geocorona Extends Well Beyond The Moon

Анализ данных SWAN/SOHO по измерению солнечного Лайман- α излучения: геокорона простирается далеко за пределы Луны

3. Ссылка на публикацию

Baliukin I.I., Bertaux J.-L., Quemerais E., Izmodenov V. V., Schmidt W., *SWAN/SOHO Lyman- α mapping: the Hydrogen Geocorona Extends Well Beyond The Moon*, Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2019, 124(2), 861 – 885, DOI:[10.1029/2018JA026136](https://doi.org/10.1029/2018JA026136), impact factor — 2.75

4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Земная водородная экзосфера (геокорона) — источник так называемого вторичного Лайман- α излучения. Чтобы оценить размер геокороны, космический аппарат надо поместить ее пределы. В свою очередь, межпланетная среда, наполненная нейтральными атомами водорода, которые проникли в гелиосферу из межзвездной среды, сама излучает в линии Лайман- α , поэтому необходимо разделять эти компоненты. Более того, излучение межзвездной среды очень сильно зависит от направления наблюдений и времени солнечного цикла.

В январе 1996, 1997 и 1998 гг. (период низкой солнечной активности) было измерено рассеянное солнечное Лайман- α излучение от водородной экзосферы Земли при помощи прибора SWAN на борту КА SOHO с расстояния ~1.5 миллиона километров (точка Лагранжа L_1). На световом пути сенсора SWAN встроена специальная ячейка, которая заполнена водородным газом. Когда её «включают», то, фактически, излучение геокороны (но не межпланетной среды, излучение которой смещено из-за эффекта Доплера) поглощается. Таким образом, разницу в интенсивности излучения между включенными и выключенными состояниями можно приписать только геокороне.

5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

В представленной работе проведен детальный качественный и количественный анализ данных инструмента SWAN/SOHO по наблюдениям геокороны. Выполнено сравнение данных с результатами модельных расчетов, а также с данными других инструментов (OGO-5, LAICA), проводивших наблюдения геокороны в периоды солнечного максимума.

6. Используемый подход, его новизна и оригинальность

Для анализа данных SWAN/SOHO по наблюдениям геокороны была разработана численная модель распределения атомов водорода в экзосфере, основанная на кинетическом подходе, которая учитывает силу солнечного радиационного отталкивания и ионизацию (перезарядку атомов на протонах солнечного ветра и фотоионизацию). Используемый подход базируется на решении кинетического уравнения для функции распределения атомов водорода по скоростям вдоль характеристик, которые совпадают с траекториями атомов. Расчетной областью является внешнее по отношению к нижней границе экзосферы (экзобазе) пространство, где делается предположение об отсутствии столкновений между атомами.

Наблюдаемая при помощи SWAN интенсивность в области геокороны складывается из двух слагаемых: межпланетного фона, образованного за счет рассеяния солнечных Лайман- α фотонов на межпланетных (гелиосферных) атомах H, и экзосферного Лайман- α излучения. Для того, чтобы отделить экзосферное излучение от гелиосферного были также проведены расчеты межпланетного фона при помощи нестационарной трехмерной кинетической модели распределения атомов H в гелиосфере (Katushkina et al., 2015), граничные условия для которой были получены из расчетов глобальной модели взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой (Izmodenov & Alexashov, 2015). Для расчета интенсивности Лайман- α излучения, рассеянного на атомах H, использовалась модель переноса излучения (Quemerais, 2000).

7. Полученные результаты и их значимость

В ходе работы по анализу данных SWAN наблюдений геокороны, а также их сравнению с данными других измерений (OGO-5, LAICA) и модельными расчетами были получены следующие результаты:

- Впервые обнаружено, что геокорона простирается, по меньшей мере, до 100 радиусов Земли (R_E) с интенсивностью ~ 5 Рэлей, что значительно превышает недавние оценки, полученные прибором LAICA ($\sim 50 R_E$), и охватывает орбиту Луны ($\sim 60 R_E$).
- Замечено, что радиационное давление сжимает экзосферу на дневной стороне, увеличивая концентрацию водорода в области от 3 до $20 R_E$ – примерно в 2.5 раза на расстоянии $7 R_E$ по сравнению с классической одномерной моделью (Chamberlain, 1963).
- Интегрированные вдоль луча зрения концентрации на расстоянии $7 R_E$ по данным SWAN выше (в 1.1–2.5 раз) чем концентрации, полученные по данным LAICA и OGO-5. Проведен анализ возможной роли атомов водорода, находящихся на спутниковых орбитах, чтобы объяснить это различие.
- На больших гелиоцентрических расстояниях ($\sim 100 R_E$) замечена повышенная концентрация атомов водорода по сравнению с численными моделями, что, по предположению, может быть связано с присутствием атомов нетепловой природы, которые не учитывались при моделировании.