

Авторы

С.Д. Шувалов, В.Н. Ермаков, В.О. Зорина, К.И. Ким

Название

Propagation properties of Hot Flow Anomalies at Mars: MAVEN observations (Характеристики распространения Аномалий Горячего Потoka у Марса по наблюдениям MAVEN)

Ссылки на публикацию

S.D. Shuvalov, V.N. Ermakov, V.O. Zorina, K.I. Kim (2019). Propagation properties of Hot Flow Anomalies at Mars: MAVEN observations. Planetary and Space Science (article in press). <https://doi.org/10.1016/j.pss.2019.104717>

Общая формулировка научной задачи и её актуальность

Аномалии Горячего Потoka (АГП) являются одним из самых известных типов форшок-транзиентов – событий, образующихся перед головными ударными волнами планет. Они представляют собой поток горячей плазмы, направленный от ударной волны в месте её пересечения с межпланетным токовым слоем (ТС). Недавние наблюдения АГП у Земли показали, что при определенных условиях в них может происходить ускорение частиц солнечного ветра с единиц кэВ до почти МэВ посредством механизма ускорения Ферми I рода. Это позволяет предположить важную роль АГП в формировании космических лучей на астрофизических ударных волнах во всем космическом пространстве (Turner et al., 2018, Nature, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0472-9>).

В настоящее время АГП обнаружены у всех планет солнечной системы, за исключением Урана и Нептуна, однако статистических исследований этих событий на Марсе до сих пор не проводилось. Так как головная ударная волна Марса находится на порядок ближе к планете, чем земная, то можно предположить, что форшок-транзиенты у Марса оказывают значительное влияние на среду планеты. Так, например, по оценке (Collinson et al., 2015, JRL, <https://doi.org/10.1002/2015GL065079>), одна из марсианских АГП вызвала поднятие ионосферы планеты на ~40 км, что, при средней высоте ионосферы в 150 км, является существенным.

Целями представленной работы являлись проведение статистического анализа АГП у Марса и выявление особенностей их формирований у данной планеты. До этого статистического анализа этих событий на Марсе не проводилось.

Конкретная решаемая в работе задача и её значение

Конкретными задачами работы являлись: проведение отбора АГП на Марсе по данным спутника MAVEN, расчет скоростей их распространения, времени жизни, а также частоты возникновения. Это необходимый шаг для изучения влияния этих событий на среду планеты.

Используемый подход, его новизна и актуальность

Для проведения статистического анализа АГП у Марса по данным магнитометра, двух спектрометров ионов и спектрометра электронов за несколько месяцев были

вручную отображены 19 событий, сигнатуры которых похожи на АГП. Для каждого события рассчитана нормаль к породившему его ТС и нормаль к ударной волне в месте её соединения с ТС. На основании этих данных, а также скорости солнечного ветра, был рассчитан вектор скорости распространения АГП согласно методике, представленной в (Schwartz et al, 2000, JGR, <https://doi.org/10.1029/1999JA000320>).

Оказалось, что почти у всех событий компонента скорости, направленная вдоль линии Марс-Солнце, отрицательна, что свидетельствует в пользу того, что АГП формируются вблизи подсолнечной точки. На основании этого результата был предложен метод оценки возраста АГП как времени, за которое токовый слой преодолел расстояние от подсолнечной точки на ударной волне до места регистрации события.

Также был рассчитан размер каждой АГП в направлении её распространения и вдоль ТС. Сравнение этих двух величин показало, что АГП, как правило, вытянуты вдоль ТС.

Полученные результаты и их значимость

В работе показано, что АГП являются распространенным типом форшок-транзиентов у Марса, и частота их появлений составляет $0,6 \pm 0,3$ событий в день. Также показано, что X – компонента скорости (вдоль оси Марс-Солнце) АГП отрицательна почти для всех зарегистрированных событий, что позволяет оценивать время жизни отдельной аномалии в предположении её формирования вблизи подсолнечной точки.

Сравнение нижней оценки размера АГП в 0,2 радиуса планеты с аналогичными оценками у других планет свидетельствует в пользу того, что размер этих образований связан с размером головной ударной волны.