

## КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА ВОКРУГ ГОРЯЧИХ ЭКЗОПЛАНЕТ ПО ДАННЫМ ТРАНЗИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

И. Ф. Шайхисламов, Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия, [ildars@ngs.ru](mailto:ildars@ngs.ru)

Горячие близко-орбитальные экзопланеты обладают уникальной особенностью гидродинамического истечения верхних атмосфер. Оно было обнаружено для ряда горячих Юпитеров и теплых Нептунов по наблюдениям транзитного поглощения в ВУФ-линиях таких элементов, как H, C, O, Mg, Si, а также в инфракрасных линиях H и He. Планетарный ветер обусловлен таким важным фактором космической погоды, как интенсивность ионизирующего излучения звезды. Многокомпонентное и частично ионизированное вещество атмосферы, вытекающее со сверхзвуковой скоростью из полости Роша, вступает в непосредственное взаимодействие с другим важным фактором космической погоды – окружающей плазмой Звездного Ветра. Это взаимодействие принципиально отличается от процессов в разреженных планетарных экзосферах Солнечной системы. Истечение верхних атмосфер горячих экзопланет — сложное явление, и количественная интерпретация данных наблюдений требует численного моделирования. Сравнение измерений транзита конкретных экзопланет со спектральным разрешением и трехмерного моделирования их динамической среды дает уникальные доказательства взаимодействия планетарных и звездных ветров, позволяя сделать важные выводы как об атмосфере экзопланеты, так и о параметрах плазмы звездного ветра.

Используя самосогласованный глобальный 3D МГД код с аэрономией [1], мы смоделировали несколько горячих Юпитеров и теплых Нептунов, для которых были сделаны наблюдения в различных спектральных линиях – HD209458b, HD189733b, Wasp107b, Wasp80b, GJ436b, GJ3470b, TOI421b&c, PiMenC [2, 3 и ссылки внутри]. Для двух из них (GJ436b, GJ3470b) моделирование показывает, что наблюдаемое сильное поглощение в линии Ly $\alpha$  можно объяснить только взаимодействием планетарного истечения со звездным ветром, имеющим параметры, сравнимые с солнечным ветром. Не обнаружение поглощения для PiMenC в линии Ly $\alpha$  требует либо сильного потока излучения, либо очень слабого звездного ветра. Моделирование HD189733b [3] подтверждает, что изменчивость наблюдений можно объяснить изменчивостью условий космической погоды. Транзитные данные по линиям H $\beta$ , OI, CII, HeI, имеющиеся у HD209458b, позволили оценить верхний предел возможного магнитного поля этой планеты [1]. Для двойной планетной системы TOI421 мы предсказали [2] поглощение в линии Ly $\alpha$  сильно смещенное в синее крыло и слабо поглощение в линии HeI.

Эти модели различных систем дают основания для общих выводов о том, насколько разнообразной может быть космическая погода вокруг других звезд и какие наблюдения необходимы для ограничения ее параметров.

Выполнено при поддержке проекта 075-15-2020-780 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

[1] Khodachenko, M. L., Shaikhislamov, I. F., Lammer, et al. // MNRAS 2021. 507(3). 3626.

[2] Berezutsky A. G., Shaikhislamov, I. F., Rumenskikh, M. S., et al. // MNRAS. 2022. stac1633.

[3] Rumenskikh, M. S., Shaikhislamov, I. F., Khodachenko, M. L., et al. // ApJ. 2022. 927(2). 238.