

# Анализ и методы обработки спектров пульсаций хромосферного излучения солнечной вспышки SOL2015-10-01



Astronomical Institute  
of the Czech Academy of Sciences

Ю.А. Купряков<sup>1,2</sup>, А.Б. Горшков<sup>2</sup>, Л.К. Кашапова<sup>3</sup>, М. Bárta<sup>1</sup>

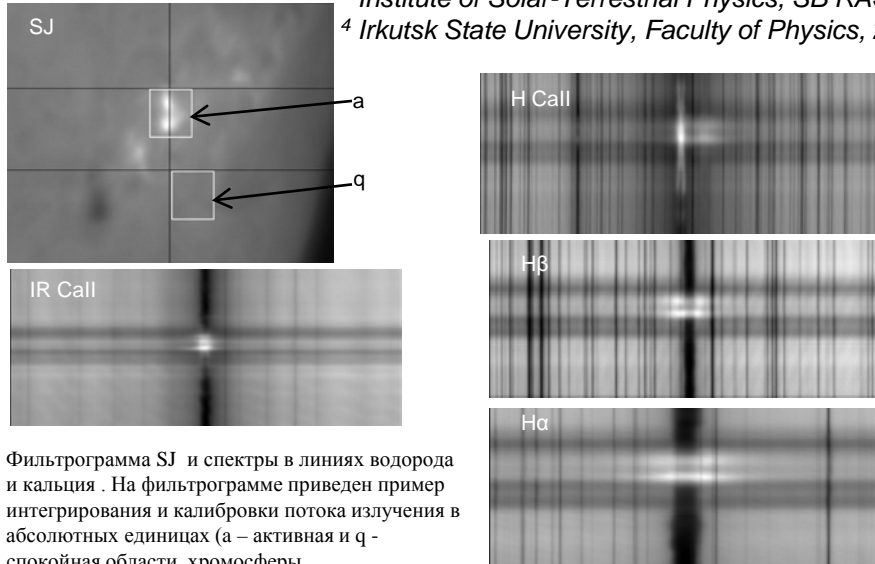


<sup>1</sup> Astronomical Institute AS CR, Fričova 298, 251 65 Ondřejov, Czech Republic

<sup>2</sup> Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, 13, Universitetskij pr.119234, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Institute of Solar-Terrestrial Physics, SB RAS, Lermotov str. 126a, 664033 Irkutsk, Russia

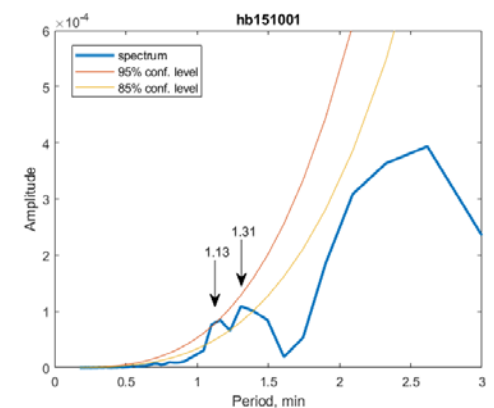
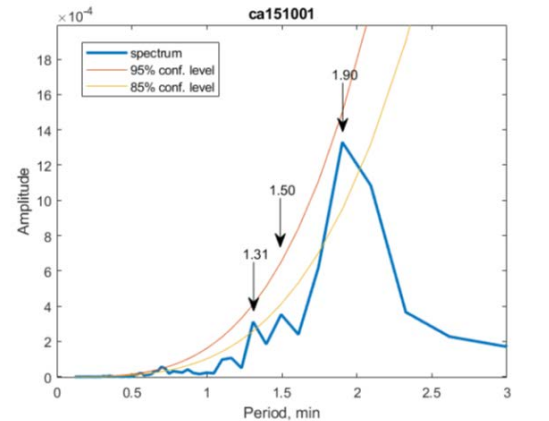
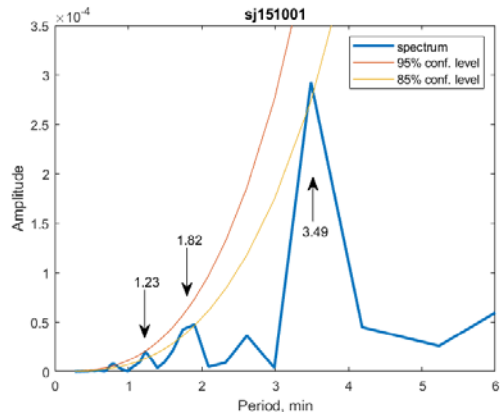
<sup>4</sup> Irkutsk State University, Faculty of Physics, 20 Gagarin Blvd, 664003 Irkutsk, Russia



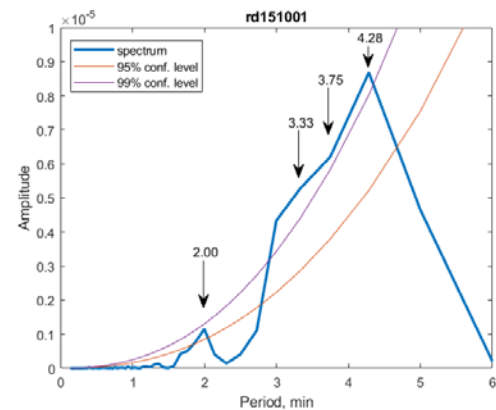
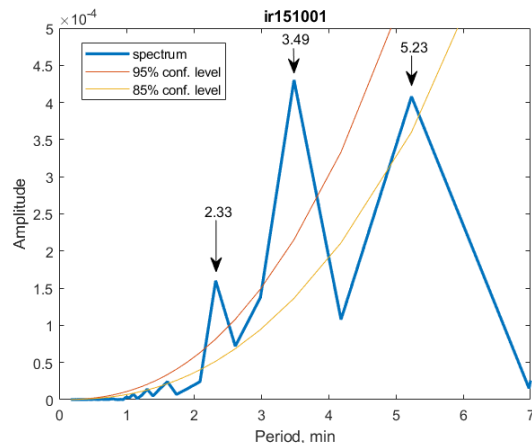
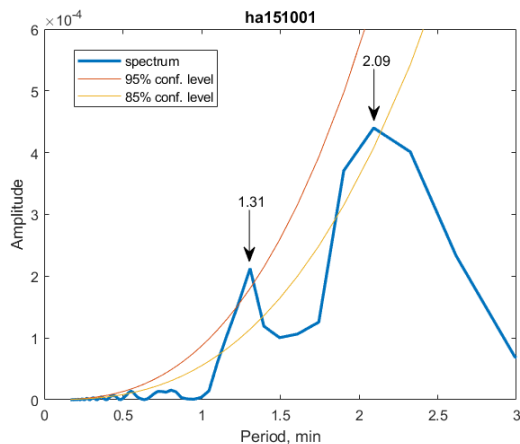
Фильтрограмма SJ и спектры в линиях водорода и кальция. На фильтрограмме приведен пример интегрирования и калибровки потока излучения в абсолютных единицах (a – активная и q – спокойная области хромосферы).

Наша работа посвящена поиску КПП в хромосферном излучении солнечных вспышек, которое с одной стороны является наиболее наблюдаемым и характерным для этих событий. С другой стороны, излучение этой области солнечной атмосферы формируется под воздействием множества параметров, меняющихся в широком диапазоне, – температуры, плотности, движения вещества.

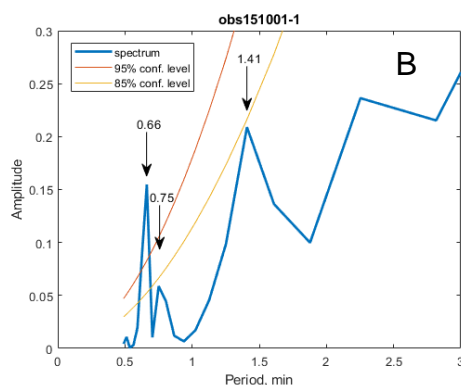
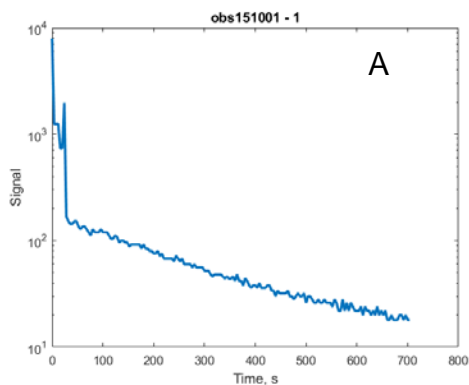
Для анализа мы выбрали вспышку класса M 4.5 (SOL2015-10-01), наблюдения которой были получены на обсерватории Чешской академии наук (Ondřejov), спектрограф Horizontal-Sonnen-Forschungs-Anlage (HSFA-2, 500 mm/35 m). Также были использованы временные профили в рентгеновском диапазоне, полученные на Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI), Gamma-Ray Burst Monitor (Fermi/GBM) of the Fermi Gamma-Ray Space Telescope и наблюдения в микроволновом диапазоне, полученные на Radiotelescope RT3 (single frequency 3.0 GHz, Ondřejov, observatory).



Квазипериодические пульсации в солнечных вспышках представляют собой затухающие колебания квазигармонической или треугольной формы на фоне красного шума (Куприянова и др., 2019; Roug et al., 2017). Для их поиска и выделения мы использовали методику, предложенную в работе Vaughan (2005).



На графиках спектры мощности для SJ, H Call, H $\beta$ , H $\alpha$ , IR Call и данных с RT3 (обозначены уровни значимости 95% и 85%).



Графики по RHESSI 6-12 keV - сам сигнал - А и его спектр - В. От сигнала брали только стадию экспоненциального спада, аппроксимировали эту часть (в логарифмах) квадратичной функцией, таким образом получили тренд, потом этот тренд вычитали из сигнала, и уже полученный таким образом ряд анализировали на спектр. Данные идут каждые 4 сек, поэтому периодам 0.5-1.5 мин можно доверять.

### References:

- Kupriyanova E.G., Kashapova L.K., Doorselaere T.V., et. al. 2019. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, vol. 483, pp. 5499–5507.
- Kupriyanova E., Kolotkov D., Nakariakov V., and Kaufman A., 2020. *Solar-Terrestrial Physics*, vol. 6, pp. 3–23.
- Lin R.P., Dennis B.R., Hurford G.J., et al., 2002. *Solar Phys.*, vol. 210, pp.3–32.
- S. Vaughan , *A&A*, 431 1(2005) 391-403
- C.E. Pugh, A.-M. Broomhall, and V.M. Nakariakov , *A&A*, 602 (2017) A47
- Челпанов А.А., Кобанов Н.И., 2020. *Астрон. журн.* Т. 97. № 4. С. 341.

### Выводы:

Квазипериодические пульсации (КПП) вспышечного излучения являются эффективным инструментом диагностики как самих вспышечных процессов, так и параметров тепловой плазмы и ускоренных частиц. После обработки спектров в линиях (HCaII, H $\beta$ , H $\alpha$ ) и спектрогелиограмм (SJ), а также данных RHESSI, RT3 были получены близкие значения периодов колебаний в диапазоне 1-2 мин с учетом уровня значимости. Предположительно, обнаруженные 5-минутные колебания по данным Radio flux 3 GHz, имеют ту же природу, что и в работе Челпанов, Кобанов (2020), т. е. вспышка явилась модулятором уже существующих в хромосфере колебаний.