

**НАБЛЮДЕНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ
ЛИНИЙ EUV-ОБЛАСТИ СПЕКТРА
В МИНИМУМЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ 2008–2010 ГГ.****Observation of Anomalous Intensity of EUV Lines
During the 2008–2010 Minimum of the Solar Cycle**

Abstract. The data processing and measurements' analysis of absolute intensity lines in solar irradiance in EUV spectra obtained on the satellites TIMED (27–190 nm with 0.1 nm resolution) and SOHO (26–34 nm and 01–50 nm lines) in 2002–2011 have been carried out. The results show that during the minimum in the last solar cycle (2007–2009) the intensities of radiation in the lines of hydrogen H L α ($\lambda = 121.6$ nm), helium and other ions are minimum. But the intensity of the lines of the neon ion (NeVI–NeVIII $\lambda\lambda = 43.6 - 77.03$ nm) and oxygen ion (OII–OVI $\lambda\lambda = 83.4 - 103.8$ nm) at the cycle minimum increases and reaches its maximum in 2007–2008. The conclusion has been drawn that while studying the effect of solar activity we should probably not consider only the Wolf number data, especially at the minimum phase. Now we see that there is some peculiarity in the process connected with the time of solar ultraviolet radiation intensity.

Проведена обработка и анализ данных измерений EUV – коротковолновой ультрафиолетовой области спектра на спутниках TIMED [Woods T.N. et al., J. Geophys. Res., 2005, **110**, A01312] и SOHO [Judge D.L., McMulin D.R., Ogawa H.S., Sol. Phys., 1998, **177**, 161] в период 2002–2011 гг. в области 27–190 нм с разрешением 0.1 нм, а также в рентгеновском диапазоне 0.1–7 нм. На спутнике SOHO получены данные измерений излучения в спектральных полосах 26–34 и 0.1–50 нм.

Рассмотрено изменение со временем ярких (сильных) эмиссионных линии и отдельных участков спектра в указанных спектральных диапазонах.

Результаты измерений показывают, что в период минимума последнего солнечного цикла (т.е. в годы 2008–2010) интенсивность (поток) излучения в линиях водорода L α ($\lambda = 121.6$ нм) и L β ($\lambda = 102.6$ нм) испытывает минимум. Это естественно. То же наблюдается и для других линий ионов со сравнительно невысокими потенциалами ионизации, а также в линиях короны (например, линия FeXV ($\lambda = 28.4$ нм)). В противоположность этому оказалось, что интенсивность излучения в линии $\lambda = 46.5$ нм неона (NeVII) в минимуме цикла увеличивается и образует максимум в 2007–2008 гг.

На рис. 1 показаны данные среднесуточных измерений за период 2002–2011 гг: линии водорода H L α ($\lambda = 121.6$ нм) и линия иона неона NeVII ($\lambda = 46.5$ нм). На этом же рисунке приведено число солнечных пятен W за каждый день (нижняя синяя линия). В минимуме 2007–2009 гг. были периоды, когда пятен не было ($W = 0$). Для сопоставления данные нормированы к значениям 2002 года (максимума активности)

Это – «аномалия» или даже «парадоксальная аномалия», поскольку эффект оказался неожиданным. При последующем анализе данных выяснилось, что такой эффект наблюдается и для других линий.

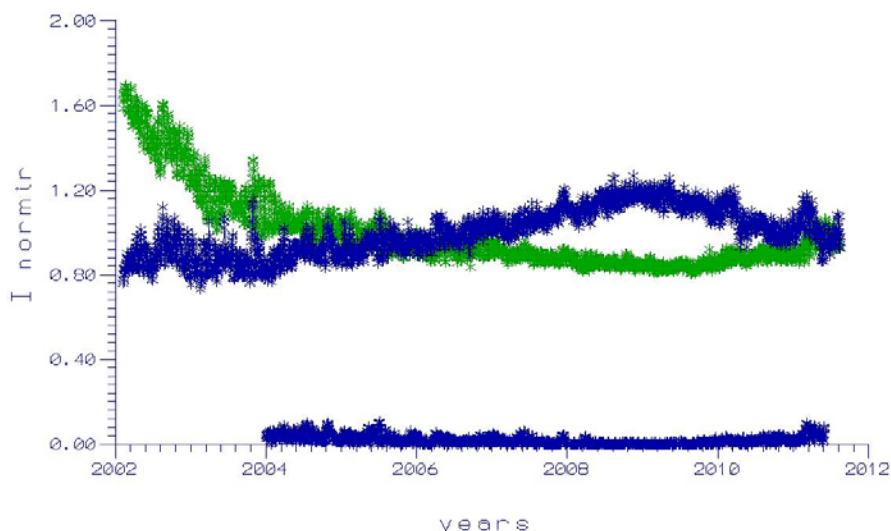


Рис. 1: Данные среднесуточных измерений за период 2002–2011 гг. Линия водорода $H Ly\alpha$ $\lambda = 121.6$ нм – зелёная кривая; линия иона неона $NeVII$ $\lambda = 46.5$ нм – синяя. Нижняя синяя линия – число солнечных пятен за каждый день W . В минимуме 2007–2009 гг. были периоды, когда пятен не было, $W = 0$.

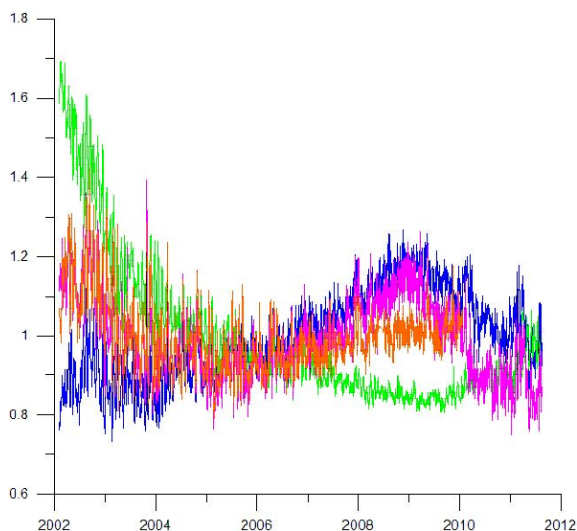


Рис. 2: **Неон.** Данные среднесуточных измерений за период 2002–2011 гг. Линия ионов неона $NeVI$ $\lambda = 43.6$ нм (оранжевая кривая), $NeVII$ $\lambda = 46.5$ нм (фиолетовая), $NeVIII$ $\lambda = 77.03$ нм (синяя), линия водорода $H Ly\alpha$ $\lambda = 121.6$ нм (зелёная).

На рис. 2 и 3 приведены данные измерений ионов неона и кислорода за период 2002–2010 гг., там же для сравнения показаны измерения линии водорода $H Ly\alpha$.

На рис. 2 видно, что линии ионов неона $\lambda = 43.6$ нм ($NeVI$), $\lambda = 46.5$ нм ($NeVII$), $\lambda = 77.03$ нм ($NeVIII$) имеют максимум в 2007–2008 гг., в годы минимума (линия $H Ly\alpha$).

На рис. 3 для ионов кислорода $\lambda = 83.4$ нм (OII), $\lambda = 70.4$ нм ($OIII$), $\lambda = 78.8$ нм (OIV), $\lambda = 63.0$ нм (OVI), $\lambda = 103.8$ нм (OVI) также наблюдается максимум в 2007–2008 гг., а линия OI $\lambda = 103.4$ нм (чёрная кривая на рисунке) остаётся постоянной.

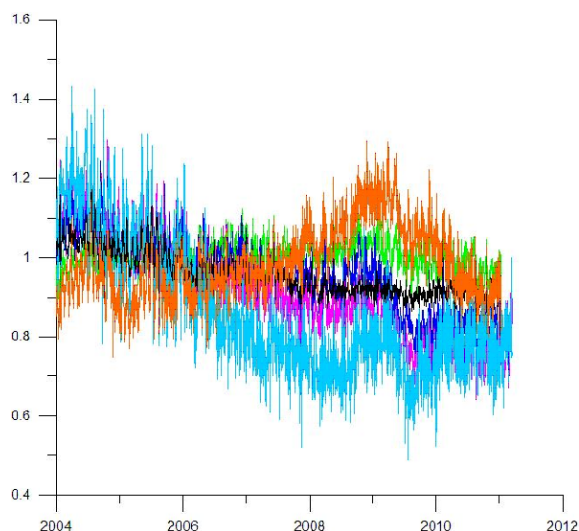


Рис. 3: **Кислород.** Данные среднесуточных измерений за период 2004–2011 гг. Линии ионов кислорода: OI $\lambda = 103.4$ нм – чёрная кривая, OII $\lambda = 83.4$ нм – фиолетовая, OIII $\lambda = 70.4$ нм – зелёная, OIV $\lambda = 78.8$ нм – оранжевая, OV $\lambda = 63.0$ нм – синяя, OVI $\lambda = 103.8$ нм – голубая.

При последующем анализе выяснилось, что такой эффект наблюдается для линий с высокими потенциалами ионизации (выше примерно 100 эВ, т.е. с температурой выше $T = 100\,000$ К).

Получается, что в минимуме эффект проявления солнечной активности не исчезает совсем, как можно было бы судить, опираясь на принятое мнение, основанное на учёте хода во времени главного индекса W , отсутствия пятен, вспышек, уменьшения потока радиоизлучения в сантиметровом диапазоне длин волн. Измерения на спутниках показали, что в минимуме цикла проявляются и другие особенности интенсивности крайнего ультрафиолетового излучения: по мере приближения к фазе минимума активности интенсивность излучения некоторых линий действительно уменьшается. Однако, вероятно, имеются источники, вызывающие «аномальный» рост излучения других линий. Выяснение вопроса об объяснении природы найденного эффекта пока не представляется возможным.

Вывод. При исследовании солнечной активности опираться только на данные W , вероятно, нельзя, особенно в период фазы минимума.

Этот вывод об «аномальном эффекте» является первым шагом, и требуется как уточнение его с использованием дополнительных экспериментальных материалов (для линий других ионов прежде всего), так и расширение программы исследований на другие солнечные циклы активности.

Институт прикладной геофизики
имени академика Е.К. Фёдорова, Москва

Т.В. Казачевская
T.V. Kazachevskaya
geophys@hydromet.ru

Институт земного магнетизма и распространения
радиоволн имени Н.В. Пушкова РАН, Троицк

Г.С. Иванов-Холодный
G.S. Ivanov-Kholodny
gor@izmiran.ru

Поступила 30 января 2013 г.