

ИССЛЕДОВАНИЕ ГВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Элеев Наран Николаевич

студент

Ахтамов Акмал Азимович

студент

Нагадинов Александр Вячеславович

студент

Велегурин Тимофей Владимирович

студент

ФГБОУ ВО «КалмГУ им.Б.Б. Городовикова», г. Элиста

Аннотация. В статье рассматриваются квазипериодические колебания интенсивности радиоизлучения локальных источников в активных областях солнца по наблюдениям на радиогелиографе Нобейма на волне $\lambda = 1.76$ см в июле 1998 года. С помощью вейвлет-анализа выявлены различные квазипериодические компоненты анализируемых нестационарных временных рядов. Проведено сравнение полученных результатов с наблюдениями других волновых диапазонов.

Ключевые слова: вейвлет-анализ, временной ряд, радиогелиографе Нобейма, радиоисточники.

Введение. Около полувека назад стали исследоваться квазипериодические колебания в активных областях Солнца. Сначала изучались глобальные 5-и минутные и колебания в активных областях с периодом 3 минуты по результатам наблюдений в оптическом диапазоне. Радиоастрономические исследования квазипериодических колебаний Солнца в микроволновом диапазоне были начаты еще в 60-х годах [Гельфрейх]. Однако, поскольку они проводились с низким пространственным разрешением источник обнаруженных колебаний был не ясен. Вскоре применение интерферометра с малой базой позволило заключить, что основным источником квазипериодических процессов, регистрируемых на сантиметровых волнах являются локальные радио источники активных областей Солнца.

Данные наблюдений. представляли 357 радиоизображений Солнца [Гольдварг], которые были получены через время 10 с на волне 1.76 см (рис.1 – здесь цвета обращены для удобства), т.е. весь период наблюдений был около часа. Для каждого изображения в программе fitsv формируем одну строку в текстовом файле, где содержится информация о координатах и интенсивности выбранного источника радиоизлучения, и так далее со всеми 357

изображениями. Затем, из полученных табличных данных выбираем один столбец, который содержит информацию об изменении интенсивности радиоизлучения источника со временем. Ниже на рисунке 2 показан график для радиоисточника над пятном с самым большим магнитным полем около 3000 Гс.

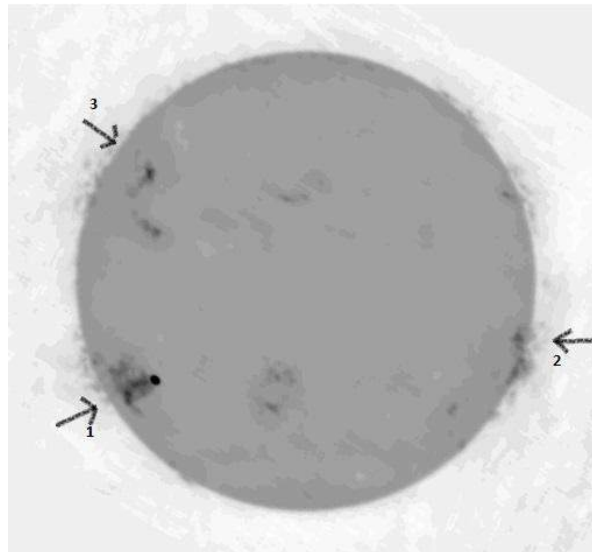


Рисунок 1. Изображение Солнца 24 июля 1998 года в радиодиапазоне (цифрами обозначены выбранные для исследования радиоисточники).

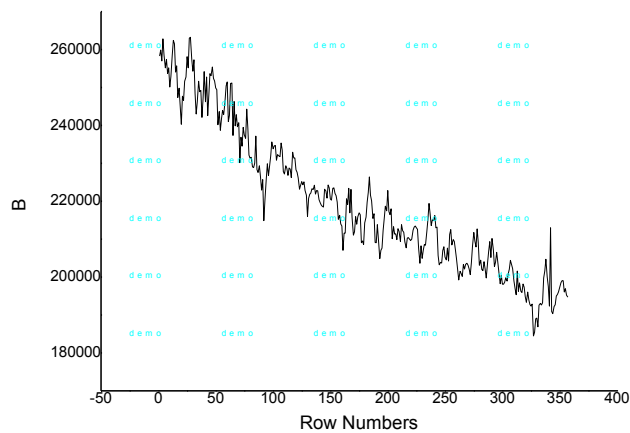


Рисунок 2. Изменение интенсивности радиоизлучения выбранного источника №1

Таким образом, были построены графики других радиоисточниками, как над пятнами, так и над волокнами. Для поиска колебаний необходимо использование спектрального анализа.

Вейвлет – анализ. Часто, при анализе астрономических временных рядов, возникает вопрос не только поиска частотных составляющих сигнала, но и динамика этих компонент. Для решения этой задачи все чаще используют вейвлет-анализ, который представляет собой разложение рассматриваемого сигнала в вейвлет-спектр, где кроме двух параметров амплитудно-частотного спектра, содержит третий – время. Это возможно при использовании совершенно иного базиса - формируемого с помощью растяжения и сдвига элементарного

эталонного всплеска – вейвлета, ограниченного во времени и пространстве, что позволяет локализовать сигнал и по частоте и по координате. Вейвлет можно выбрать каким угодно, это позволяет не только увидеть периодические составляющие сигнала, но и проследить за их изменением во времени [Астафьева] . Вейвлет – преобразование стало активной составляющей исследования в областях, где временные ряды являются нестационарными, то есть практически во всех природных системах.

Мы использовали непрерывное вейвлет –преобразование, в качестве анализирующего вейвлета выбрали вейвлет Морле (рис.3).

Коэффициенты вейвлет-преобразования вещественного сигнала $s(t)$ относительно вейвлет – функции $\psi(t)$ определяется как:

$$S(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi' \left(\frac{t-b}{a} \right) s(t) dt,$$

где ψ' обозначает комплексное сопряжение ψ , и это определяется на открытой (b, a) полуплоскости ($b \in \mathbb{R}$, $a > 0$). Параметр b соответствует временному сдвигу и параметр a соответствует масштабу вейвлет-анализа.

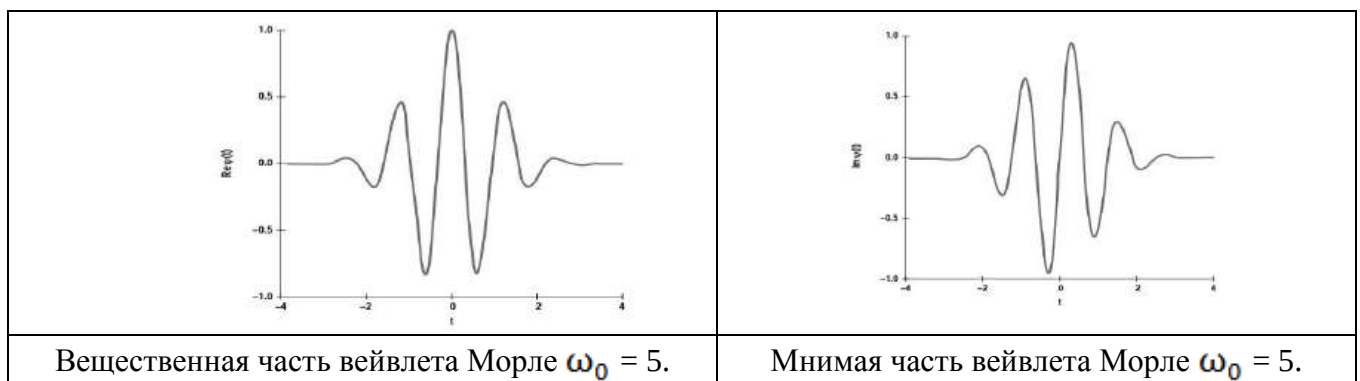


Рисунок 3.

Для примера того, какие преимущества имеет вейвлет-анализ, построим для двух сигналов вейвлет – спектры рис.4 и 5

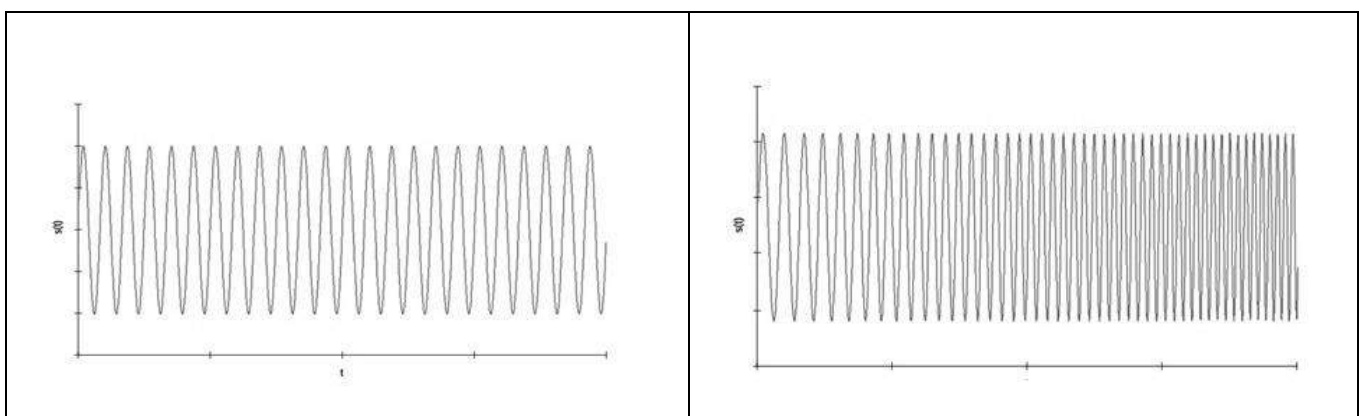


Рисунок 4. Синусоиды: Одна с постоянной частотой, вторая с изменяющейся

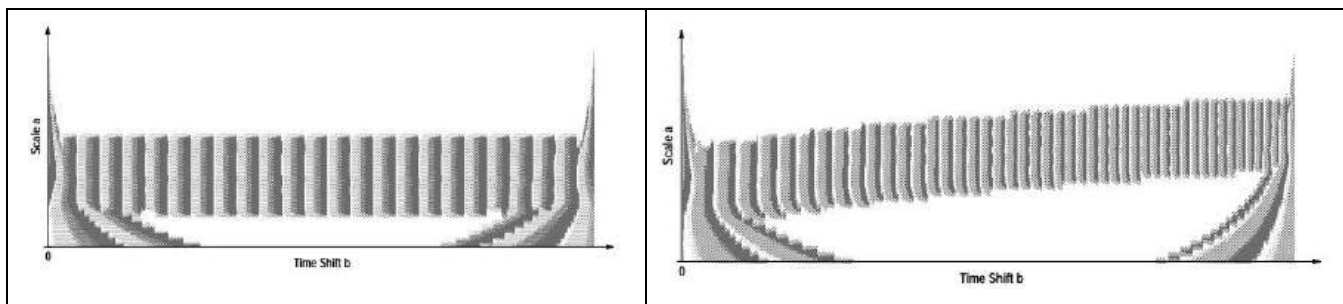


Рисунок 5. Вейвлет - преобразование для синусоид с постоянной частотой (слева) и с линейно возрастающей частотой (справа).

Построим Вейвлет-спектр для анализируемого сигнала (рис.6) Как видно, здесь присутствуют периодические компоненты – 3 и 10 минут (чередование темных и светлых областей на рисунке), при этом хорошо просматривается эволюция процесса: обе частотные составляющие присутствуют весь временной промежуток.

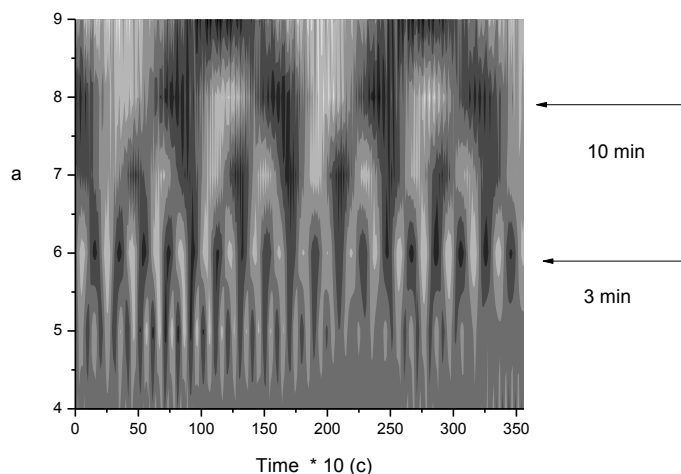


Рисунок 6. Вейвлет-спектр сигнала 1, построенный в программе Origin

Аналогично проводим анализ радиоизлучения других источников: пятен с меньшей величиной магнитного поля, источников на лимбе и темных волокон.

Сравнив полученные результаты с другими авторами, такие периоды характерны для колебаний характеристик процессов активности Солнца по наблюдениям различных волновых диапазонах.

Как показывает исследование, у избранных источников радиоизлучения присутствуют квазипериодические компоненты порядка нескольких минут до десятков минут.

Список литературы:

1. Астафьева Н.М. Успехи физ. Наук: Вейвлет-анализ основы теории и примеры применения. 1996, т. 166, с. 11.

2. Гольдварг Т. Б., Применение вейвлет-анализа в исследованиях нестационарных процессов в активных областях Солнца по радионаблюдениям, Научная мысль Кавказа, Ростов-на-Дону, 2005, с.116
3. Meunier N., Kosovichev A. G. Fast photospheric flows and magnetic fields in a flaring active regions/ // Astron. and Astrophys.- 2003.- Vol. 412, No. 2.- P. 541 - 553.