



Анализ долговременных вариаций амплитуд средних профилей пульсаров на 111 МГц



М.Ю. Басалаева (Астрофизическая школа Фонда «Траектория», yameg@mail.ru)

Научный руководитель: А.Н. Казанцев (Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, kaz.prao@bk.ru)

Введение

Пульсары – быстровращающиеся нейтронные звезды. С одной стороны, они пример непревзойденной стабильности - их периоды и производные последних известны с очень хорошей точностью, что позволяет использовать пульсары как независимые часы. С другой стороны, остальные параметры пульсаров претерпевают большие изменения с течением времени. Пиковая плотность потока среднего профиля пульсара может меняться по разным причинам. Одной из них является нестабильность работы приемной аппаратуры и самого телескопа. Например, эффективная площадь телескопа может варьироваться вплоть до 70% в течение года.

Следующим фактором, влияющим на итоговую запись пульсара, является ионосфера, которая способна “сдвинуть” электромагнитную волну, идущую от пульсара. В таком случае она частично попадает в луч диаграммы направленности телескопа, тем самым уменьшая итоговую пиковую плотность потока.

Наконец, физические процессы, происходящие в магнитосфере пульсара и приводящие к радиоизлучению, могут сами обладать вариабельностью. Такие явления как нуллинги и гигантские импульсы, наблюдающиеся у некоторых пульсаров, демонстрируют явное непостоянство в механизмах излучения пульсаров.

Последний фактор представляет наибольший интерес для пульсарной астрофизики.

Глобальная цель данного проекта: попытка отделить собственные флуктуации излучения пульсара от флуктуаций обусловленных состоянием антенны.

Текущая задача: анализ флуктуаций амплитуд средних профилей пульсаров.

Антенна БСА ПРАО АКЦ ФИАН

В работе были использованы наблюдения изолированных секундных пульсаров Северного полушария, полученные на Большой Синфазной Антенне ПРАО АКЦ ФИАН.



Радиотелескоп БСА ФИАН – это антенная решетка, состоящая из 16384 волновых диполей. Первоначально он создавался для наблюдения пульсаров и мерцающих источников.

Рабочая частота: 111 МГц

Размер: 187x384 м.

Система антенны: 16-лучевая управляемая диаграмма направленности

Размер главного лепестка: 0.5°x1°

Поляризация: Линейная, в направлении «Восток-Запад»

Приемник: цифровой, 512 частотных каналов

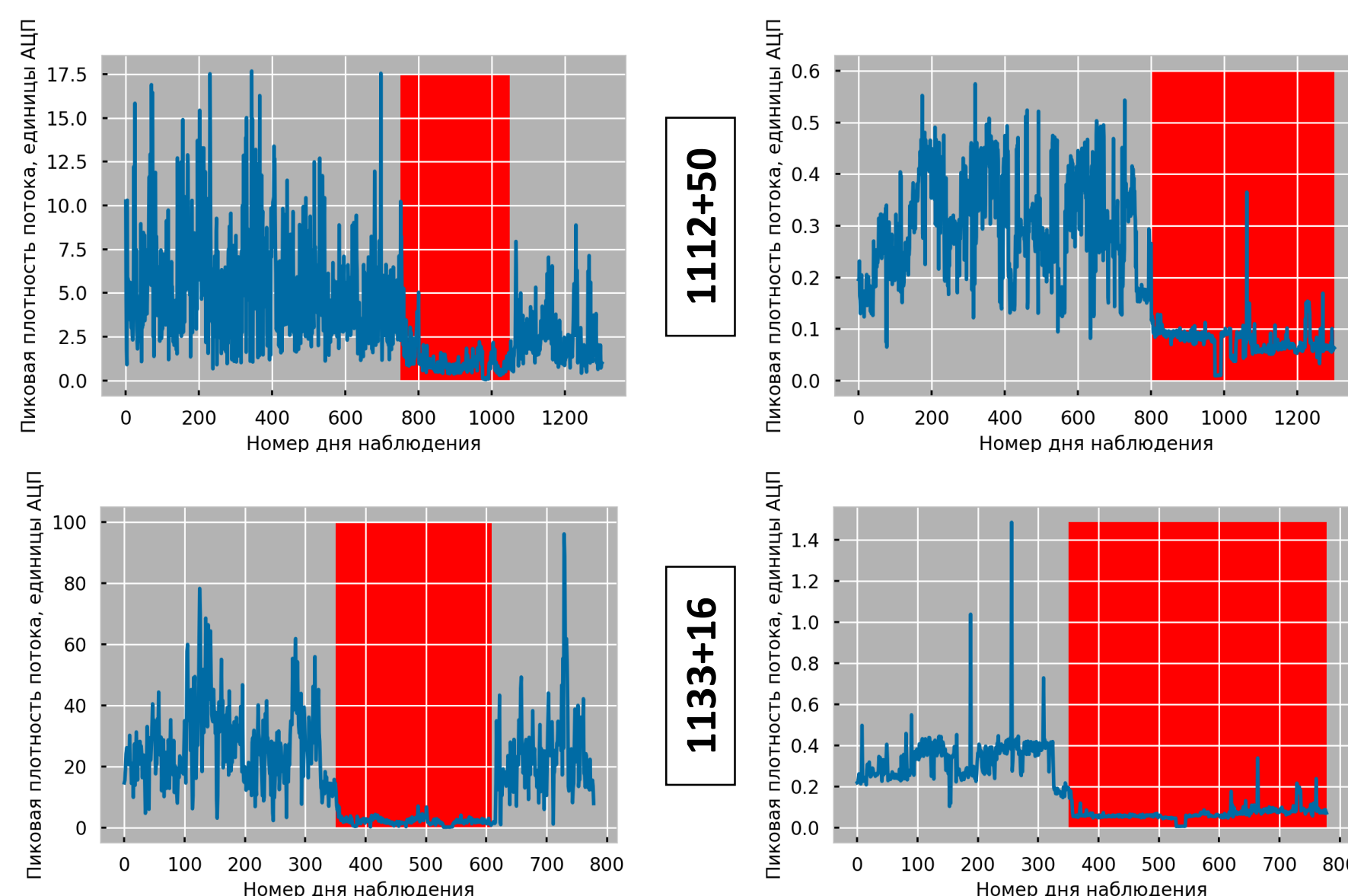
Полоса пропускания: 2.5 МГц

Первый этап

Анализ вариаций пиковой плотности потока среднего профиля, полученного за один сеанс в единицах аналогово-цифрового преобразователя.

- Написана программа на языке программирования Python версии 3.5, производящая считывание заголовочной информации и последовательности индивидуальных импульсов пульсара, полученных в рамках одной сессии наблюдения.
- Полученная последовательность импульсов использована для формирования динамического среднего профиля пульсара путем сложения импульсов синхронно с периодом вращения нейтронной звезды.
- Положение среднего профиля в окне наблюдения (далее долготы среднего профиля) установлено путем кросс-корреляции последнего с заранее заготовленным шаблоном. Области off-pulse определены автоматически, как области вне долгот среднего профиля.
- Для каждого сеанса наблюдения, определена пиковая амплитуда среднего профиля и среднеквадратичное отклонение шумов фона.
- Полученные массивы амплитуд и СКО для каждого конкретного пульсара визуализированы и сохранены в файлы для их текущего и последующего анализа.

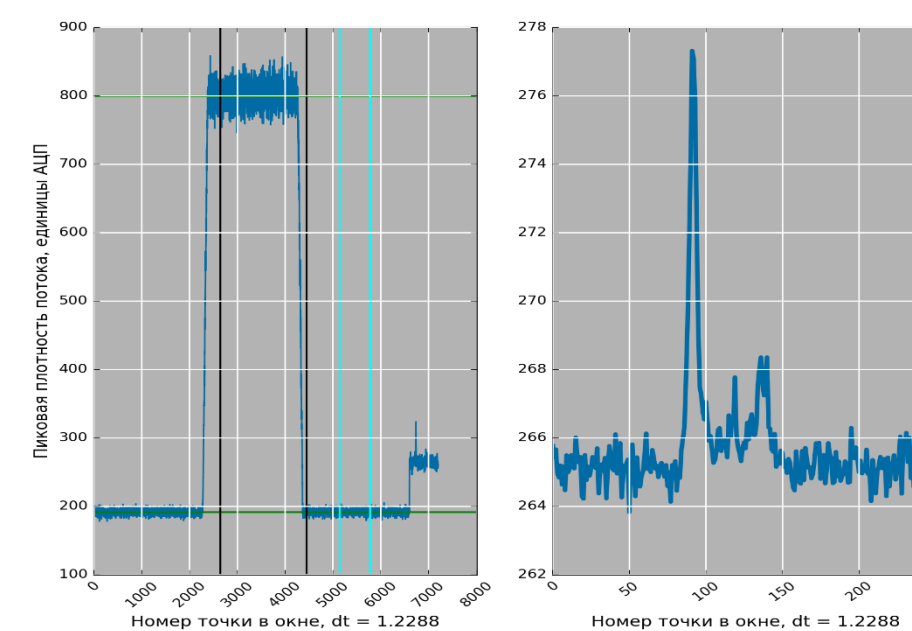
- Результат анализа вариаций пиковой плотности потока среднего профиля - обнаружение нехарактерных провалов в излучении практически всех пульсаров. Аналогичные аномалии выявлены и в массиве СКО шумовой дорожки.



Второй этап

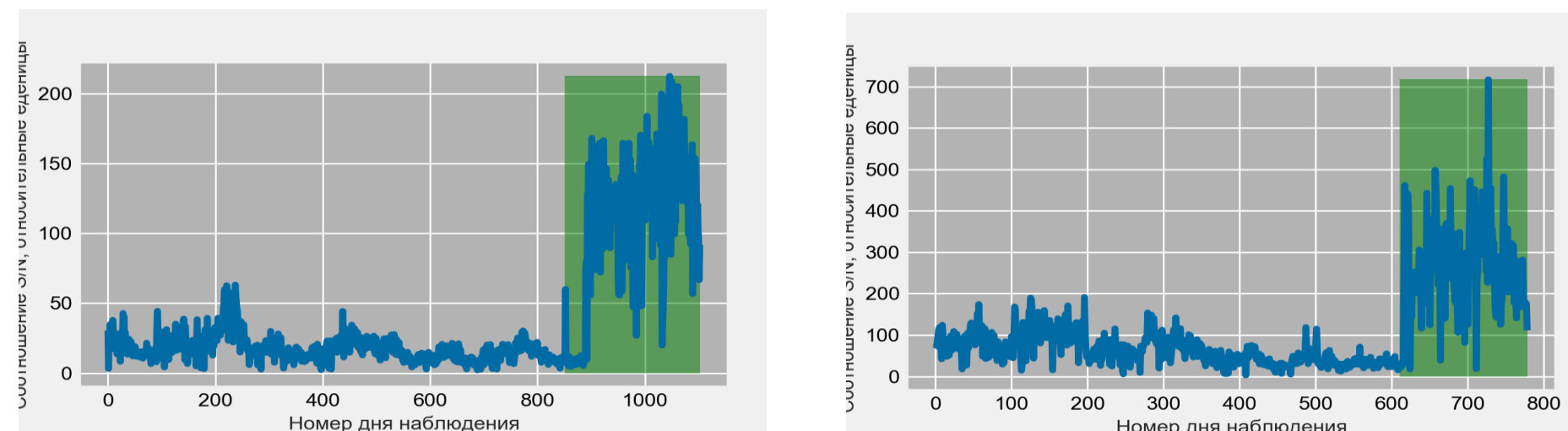
Был проведен анализ вариаций амплитуды шумовой дорожки в абсолютных единицах.

- Использованы данные пульсара B1237+25, для которых во время наблюдения, в тракт антенны был подан шумовой сигнал заданной амплитуды в 2000 К (калибровочная ступенька).
- Написана программа, позволяющая производить калибровку среднего профиля и шумов по ступеньке. Всего было обработано 147 калиброванных файлов.
- Анализ полученных данных показал, что колебания шумовой для данного пульсара в период наблюдений составляли 37,5%, что не позволяет производить анализ флуктуаций излучения пульсара, используя СКО шумов, как стабильный эталон.



Третий этап

Исходя из того, что и пиковая плотность потока среднего профиля пульсара, и амплитуда СКО шумовой дорожки подвержены сильным, а порой, и аномальным вариациям, было принято решение произвести анализ соотношения сигнал/шум среднего профиля (отношение пиковых амплитуд среднего профиля и шума). Состояние антенны в равной степени сказывается как на амплитуде среднего профиля, так и на амплитуде СКО шумов, тем самым можно избежать ряда обнаруженных аномалий (например, таких как скачки в коэффициенте усиления антенны). Анализ массивов SNR (signal-noise ratio) продемонстрировал отсутствие аномальных падений амплитуды, обнаруженных в анализе вариаций пиковой плотности потока среднего профиля. Тем не менее, у ряда пульсаров было обнаружено резкое увеличение значений SNR в крайних датах наблюдения. Эта аномалия связана с входом в строй новой диаграммы направленности телескопа и повышения его эффективности, приведшей, тем самым, к повышению SNR для наблюдаемых пульсаров.



Выводы

В ходе работы был проведен анализ флуктуаций пиковой плотности потока средних профилей пульсаров (B0809+74, B0919+06, B0950+08, B1112+50, B1133+16, B1237+25), полученных на длительном временном интервале (от 1 до 4 лет). Результат анализа показал, что состояние антенны вносит большой вклад в конечные значения потока в единицах АЦП. Вариации амплитуды шумовой дорожки, также определенные в настоящей работе, могут достигать 40%, что не позволяет производить анализ флуктуаций излучения пульсара, используя СКО шумов, как стабильный эталон. В силу того, что состояние антенны в равной степени сказывается на амплитуде среднего профиля и на амплитуде СКО шумов, анализ SNR средних профилей пульсаров, показал наиболее качественный результат. Из этого следует, что данное соотношение можно использовать для отделения собственных флуктуаций излучения пульсара от флуктуаций, обусловленных состоянием антенны, в совокупности с другими соотношениями и данными, которые будут определены в дальнейших работах.

Список использованных источников

1. Каталог уникальных научных установок <http://www.ckp-rf.ru>
2. Pulsar <https://www.wikipedia.org/>

ЗДЕСЬ МОГЛА БЫТЬ ВАША РЕКЛАМА