

# Результаты быстрой радиометрии импульсного радиоизлучения магнетара ХТЕ J1810-197

С. Трушкин, Н. Бурсов, П. Цыбулев,  
Н. Нижельский, А. Борисов, А. Шевченко



**10 конференция «Современная звездная астрономия»**  
8 октября 2019

# Поиск быстрых радиовсплесков на Западном секторе РАТАН-600





## Магнетары - нейтронные звезды (НЗ)

со сверхсильным магнитным полем до  $10^{15}$  Гс, происхождение которого связывают с особым процессом «динамо» в коре в первые 10-100 секунд образования НЗ во вспышке СН.

Известно всего около 30 магнетаров, хотя вероятно не менее 1% всех НЗ рождаются как магнетары, то есть их должно быть не меньше  $10^6$ , если число НЗ равно  $10^9$  в Галактике.

Магнетары - молодые НЗ  $< 100000$  лет,

Периоды вращения от 2 до 12 секунд,

Вероятно, они тормозятся взаимодействием магнитного поля с веществом СН в первые месяцы или годы.

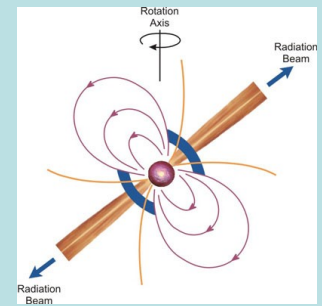
Замедление вращения (P-dot) очень высокое ( $< 10^{-10}$  с/с).

Энергетика связана с затуханием магнитного поля, а не с замедлением вращения, которого не хватит для объяснения высокой рентгеновской светимости.

Установлена связь «аномальным рентгеновских пульсаров, «мягких гамма-репитеров» и магнетаров.

Высокая переменность в рентгене и радио, «транзиентность»

# Магнетар ХТЕ J1810-197



Открыт в 2003 году на RXTE, когда поток вырос в 150 раз (3 mcrab).

Период рентгеновских синусоидальные пульсаций  $P=5.54$  сек. (Ибрахим+ 2004).

Переменная  $\dot{P} = 1-5 \cdot 10^{-13}$  с/с в начале вспышки, и до  $9 \cdot 10^{-14}$  с/с в спокойной фазе.

Возраст  $\sim 15000$  лет. Светимость в  $L_x(\text{max}) \sim 10^{35}$  эрг/с. Спектр: 2-3 ВВ 0.15, 0.3 и 0.7 кэВ

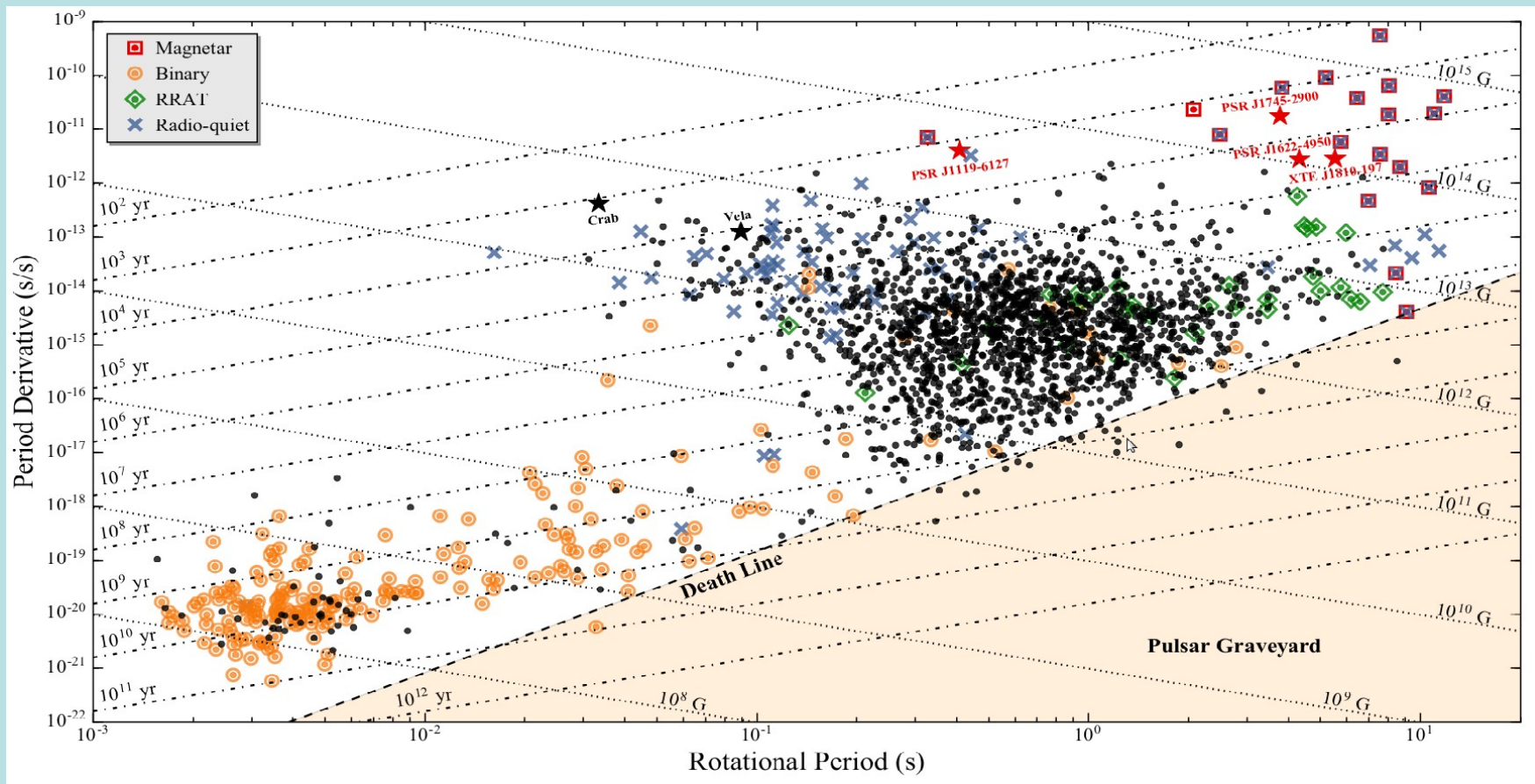
В 2006 году обнаружено радиоизлучение на уровне нескольких миллиАн. Импульсы  $\sim 4\%$  от  $P$  :  $\sim 200$  мс, мера дисперсии 178 пс/см<sup>3</sup>, что дает расстояние 3.5 кпк (3.1) (Халперн+ 2006). Импульсы поляризованы линейно от 60 до 100 %. Есть заметная круговая поляризация  $\sim 10\%$ . Сильнопеременная субструктура импульсов и на высоких частотах обнаружены интер-импульсы. ( в 2018 году их нет!)

Рентгеновский поток затухал по экспоненте  $\sim 300$  дней и к 2008 году упал до минимума, радиопульсации в дм-см диапазоне пропали. Но Малофеев и др. в 2010 году увидели импульсы на 62 МГц (БСА).

С 2008 до ноября 2018 года 76-м телескоп Ловелла (JVO) постоянно наводился на магнетар, но импульсов не было. В сентябре 2018г. 100м Боннский на 1400-4000 МГц - нет!. 8 декабря 2018 года импульсы были обнаружены на уровне 5-20 мЯн.

Наблюдения на РАТАНе начались 19 декабря: импульсы 4.7 ГГц: 0.5 Ян и длительностью 0.15с, 2.3 ГГц:  $\sim 1.5$  Ян два (через 5.54с) 0.25 сек, то есть много ярче, чем 8-11 декабря. В одном наблюдении мы видели импульсы на 2.3, 4.7, 8.2 и 11.2 ГГц — но это **не одни и те же** импульсы, а «соседние».

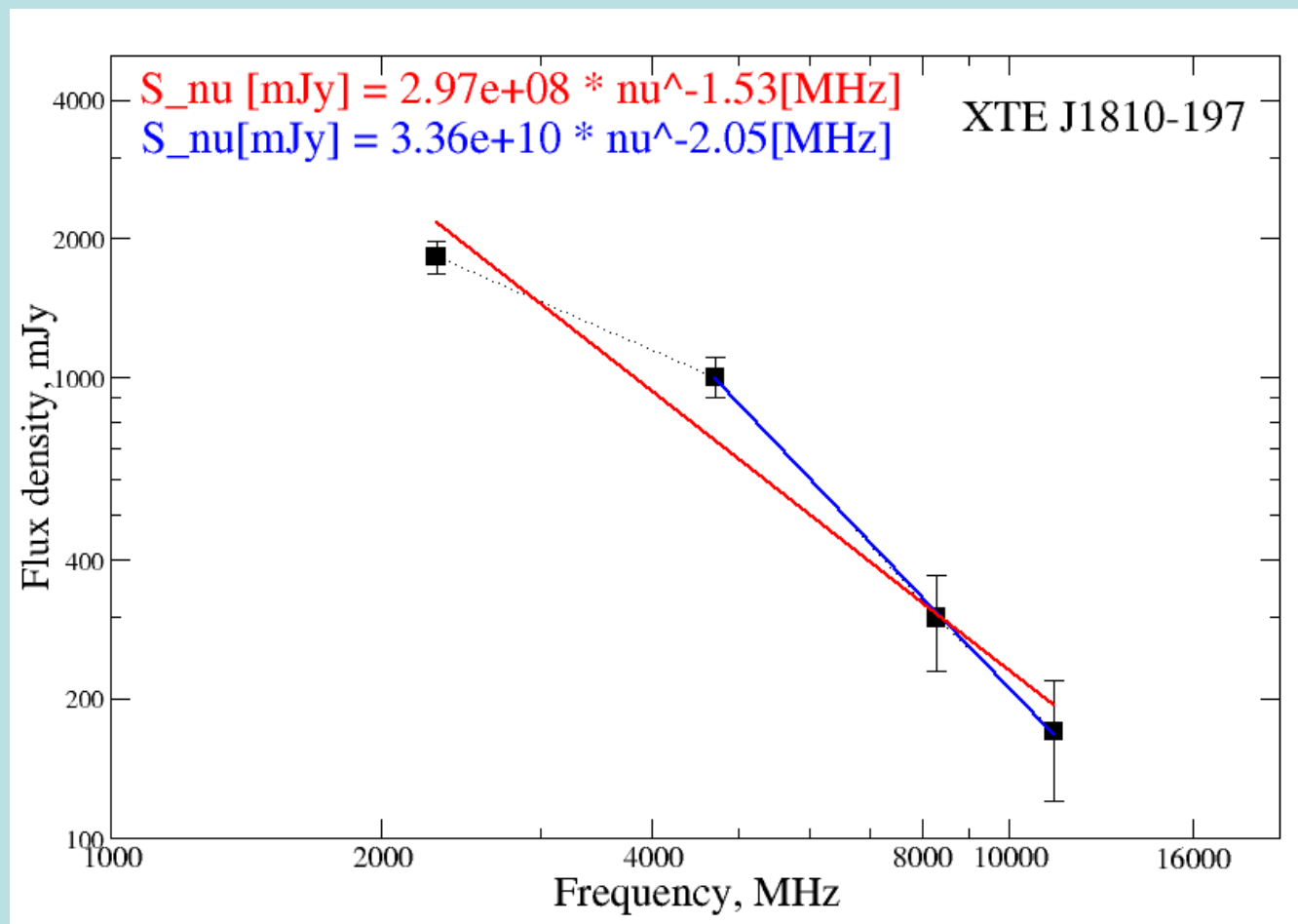
# «Период — производная периода» для пульсаров



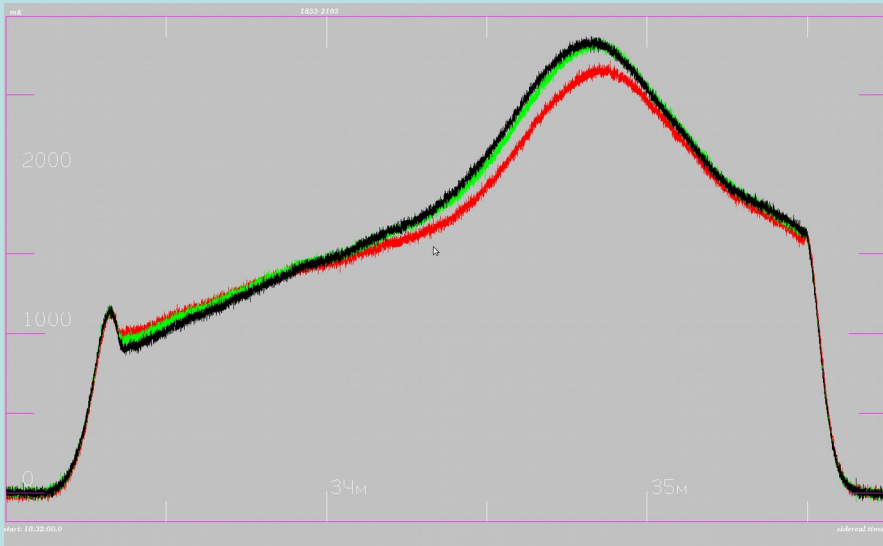
«Движение» изображения вдоль по  
фокальной линии за ~40 сек



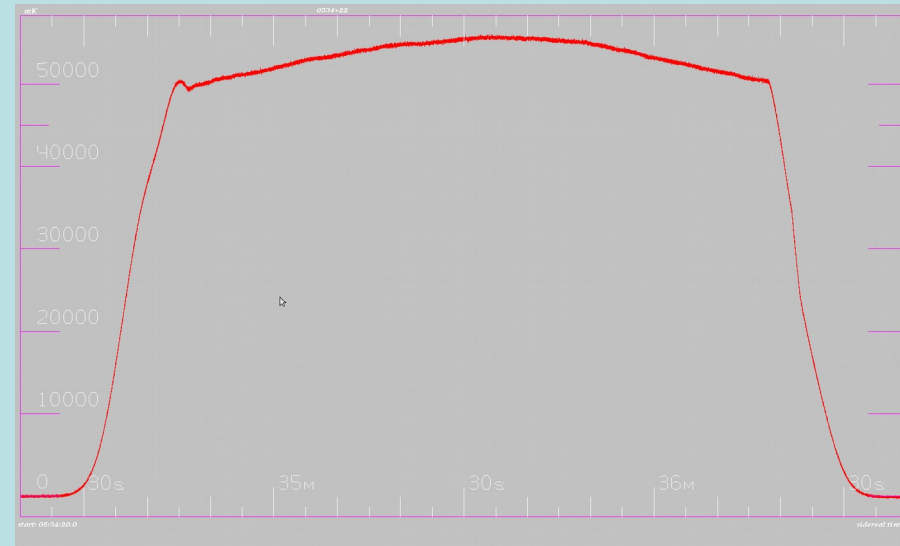
# Средний спектр импульсов магнетара ХТЕJ1810-197 (18-27 декабря 2018 г.)



# Режим «скольжения» на 4.7 ГГц



Квазар 1833-21



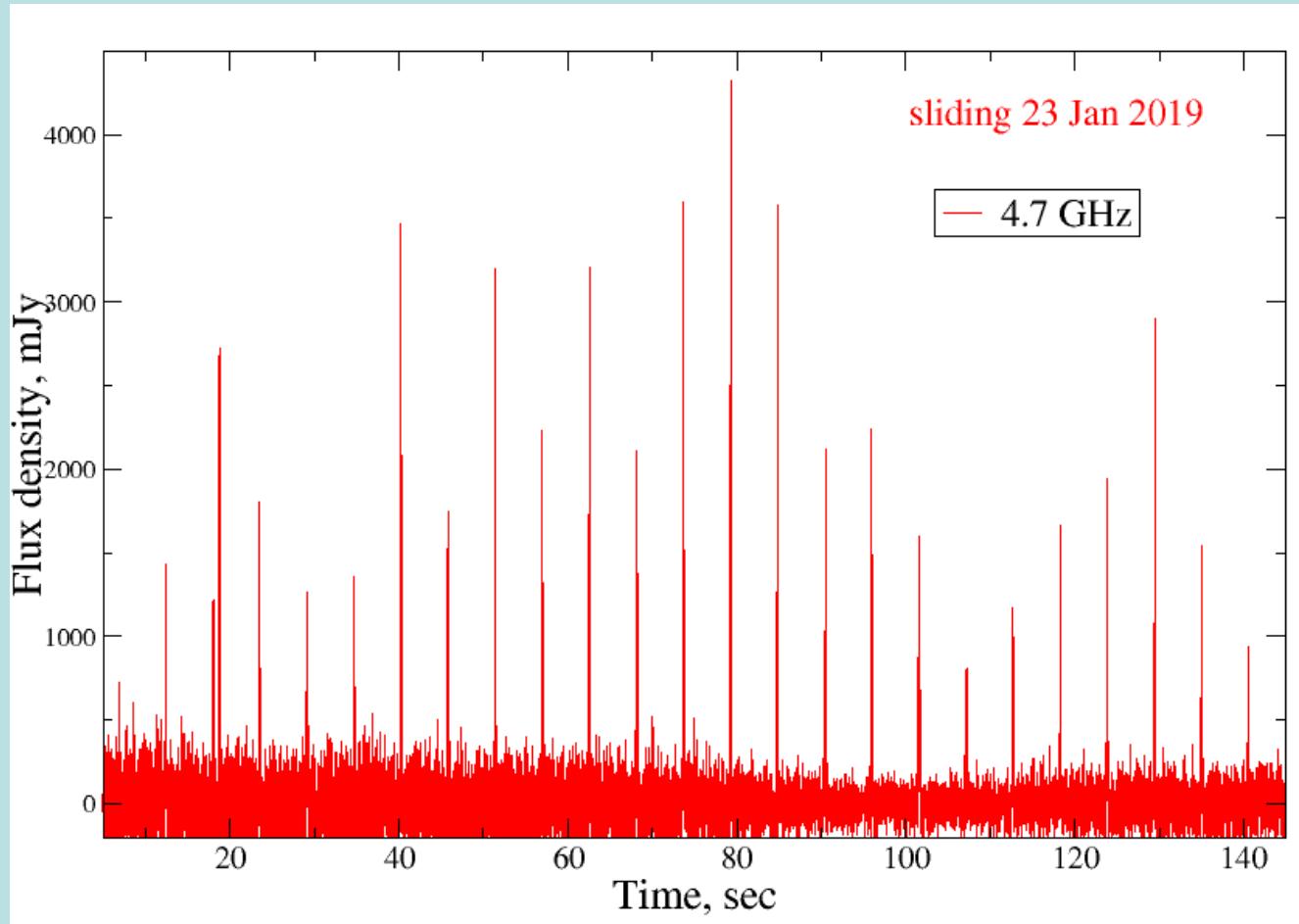
Крабовидная туманность

Накопление растёт от 5 сек до 130 секунд

Скорость «источника» по фокальной линии ~10-15 мм/с

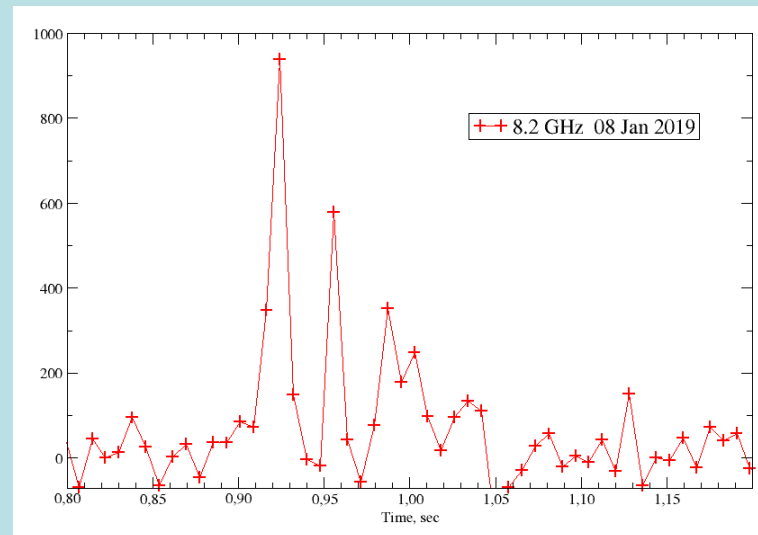
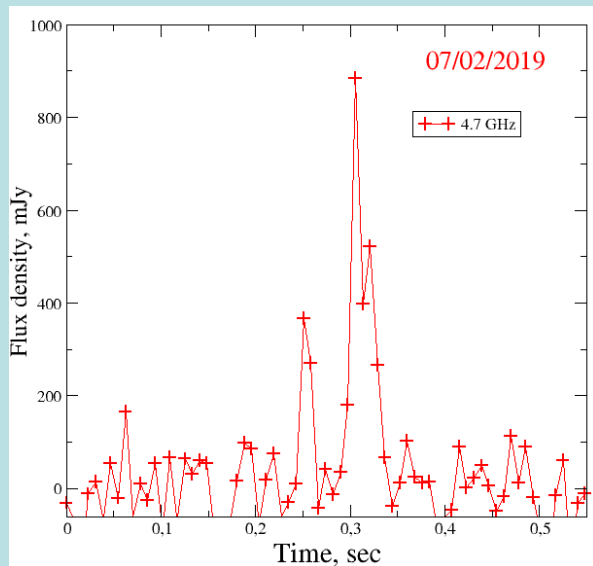
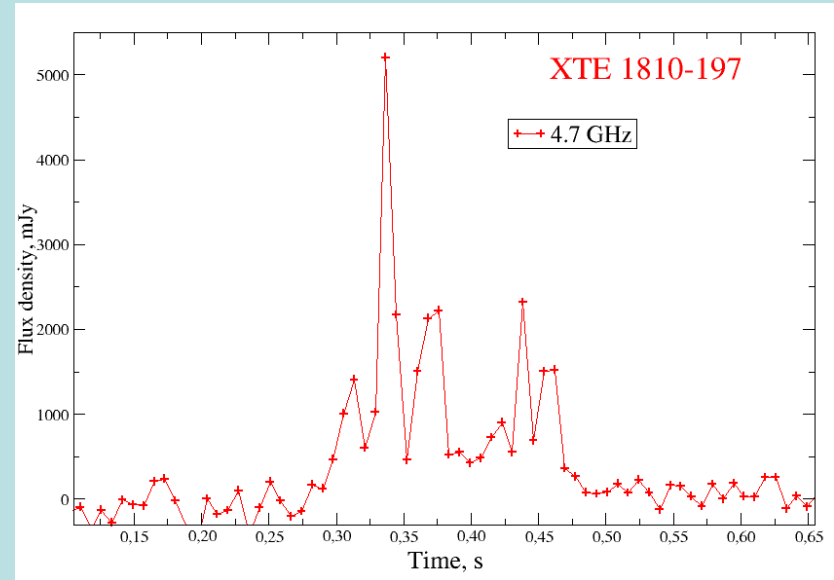
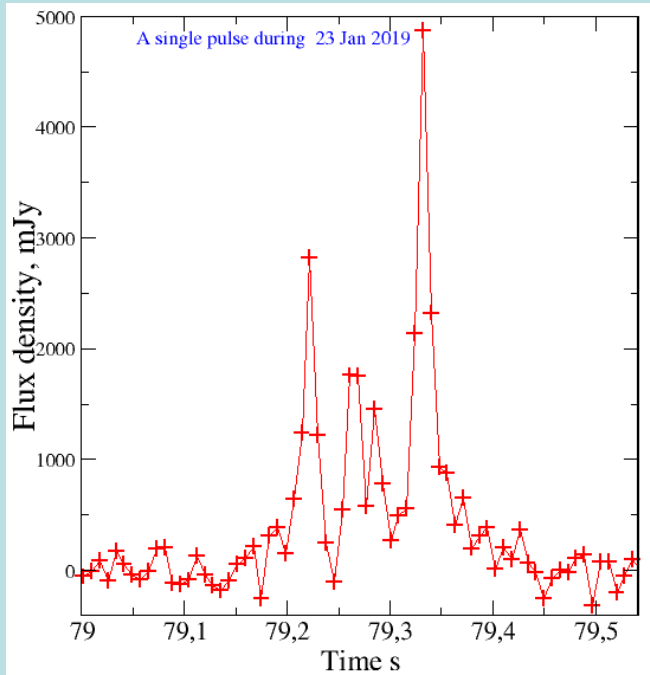


# «Исправленные» потоки пульсаций магнетара XTE J1809-197



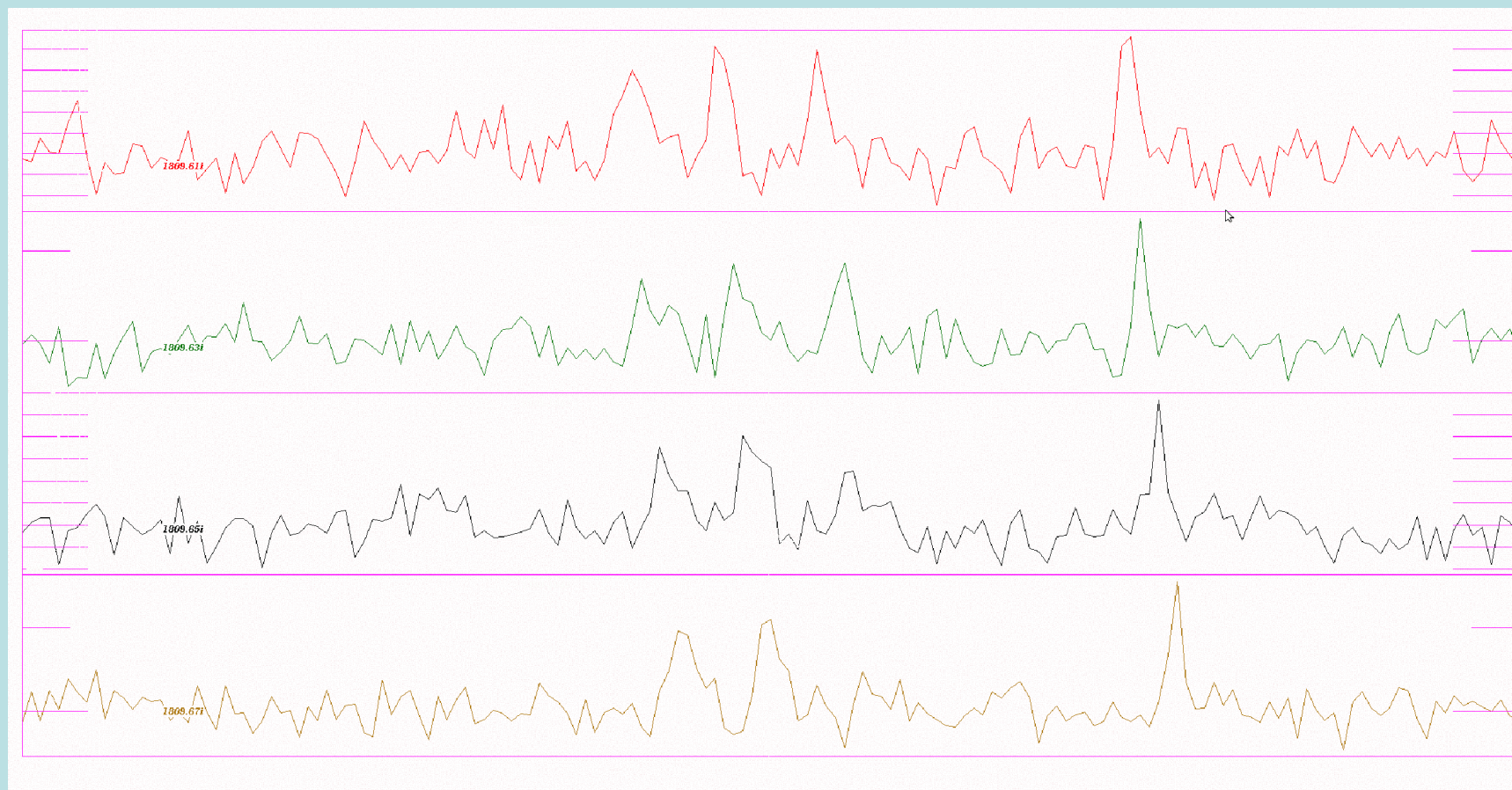
Максимальная яркостная температура  $\geq 10^{22}$  К

# Субструктура пульсаций на 4.7 и 8.2 ГГц



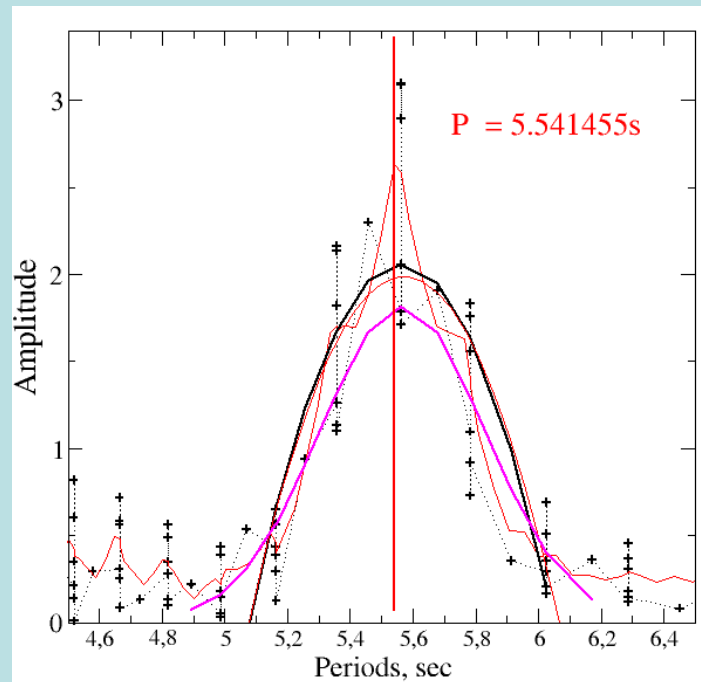
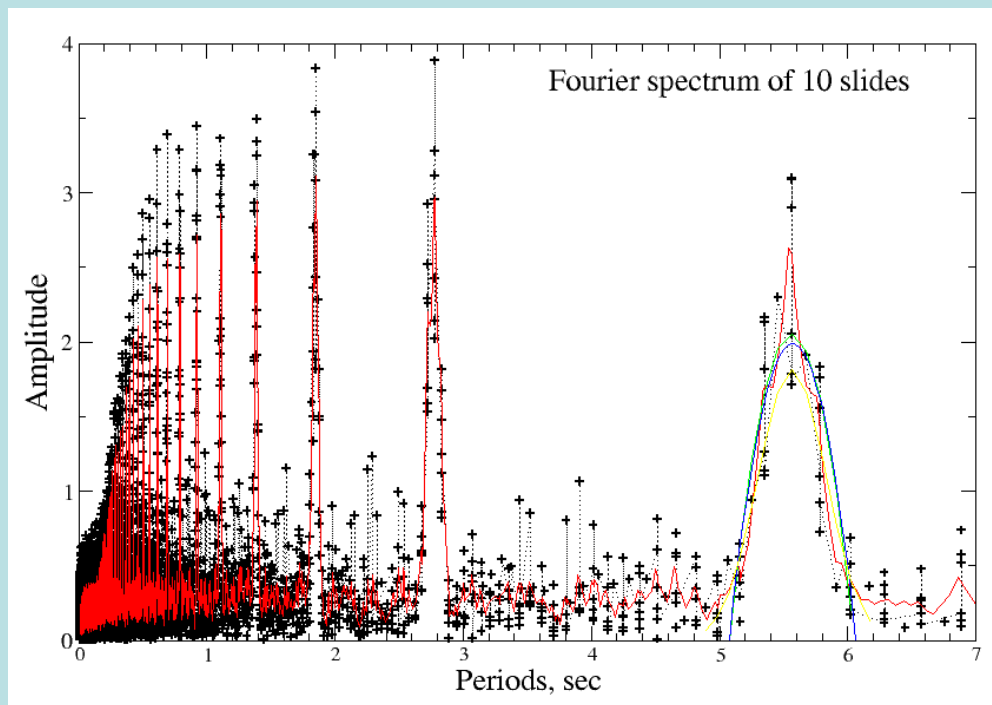
В полосе 600 МГц на 4.7 ГГц импульс > 8 ms

# Отдельный импульс на каналах: 6.1,6.3,6.5,6.7см



Вся запись 200 мсек,  $dt = 1.25$  мс

# Сумма Фурье-спектров от 10 скользящих на 4.7 ГГц



Звездные сутки равны  $86164.091334336s / 5.541455s = 15549.00136 P$

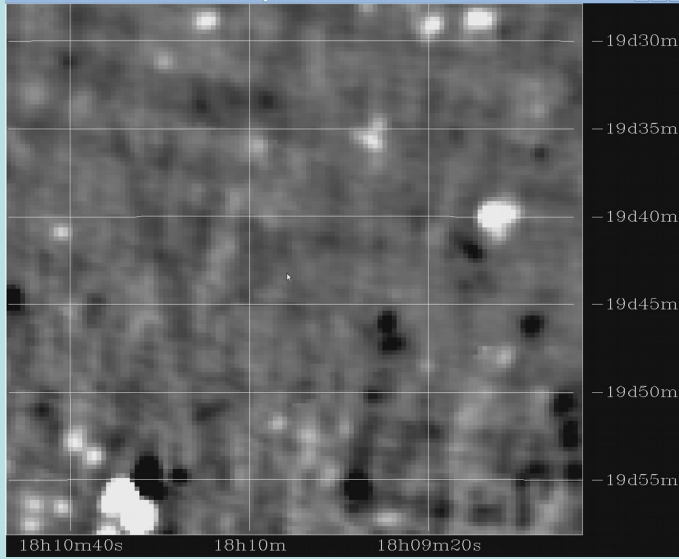


# Результаты быстрой фотометрии

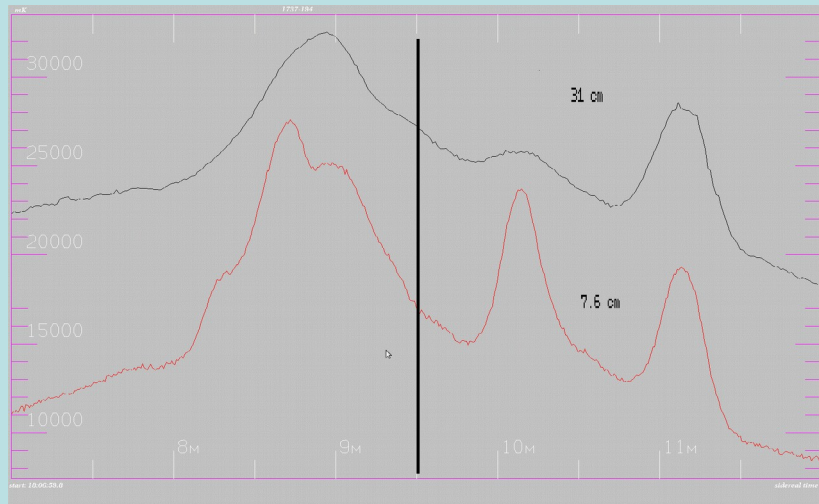
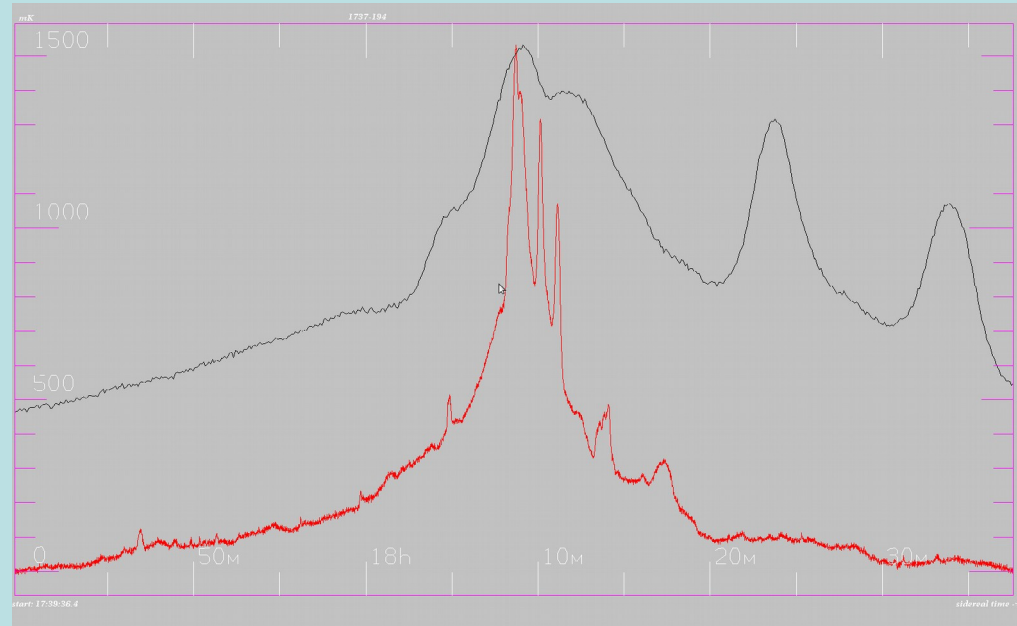
- 1) Измерения магнетара ХТЕ J1810-197 показали уменьшение яркости среднего импульса, чаще происходит «нуллинг», но отдельные импульсы до  $\sim 3-5$  Ян (самый яркий радиопульсар!).
- 2) На 4-канальном приемнике 4.7 ГГц (комплекс облучателя N5), мы измерили **дисперсию** ( $DM = 178$  пк/см<sup>3</sup>) и спектральные особенности субструктуры отдельных импульсов с временным интервалом 60 мкс.
- 3) Наблюдаемая вспышка магнетара связана с «глитчем» - резким сбоем (уменьшением) периода вращения в начале декабря 2018 года, который в свою очередь вызван «звездотрясением» и разломом в коре НЗ.

В режиме многоазимутальных измерений можно накапливать сигнал от пульсаров в течение  $\sim 130 \times 30 = 4000$  секунд.

# Область NVSS обзора вокруг ХТЕ J1810-197

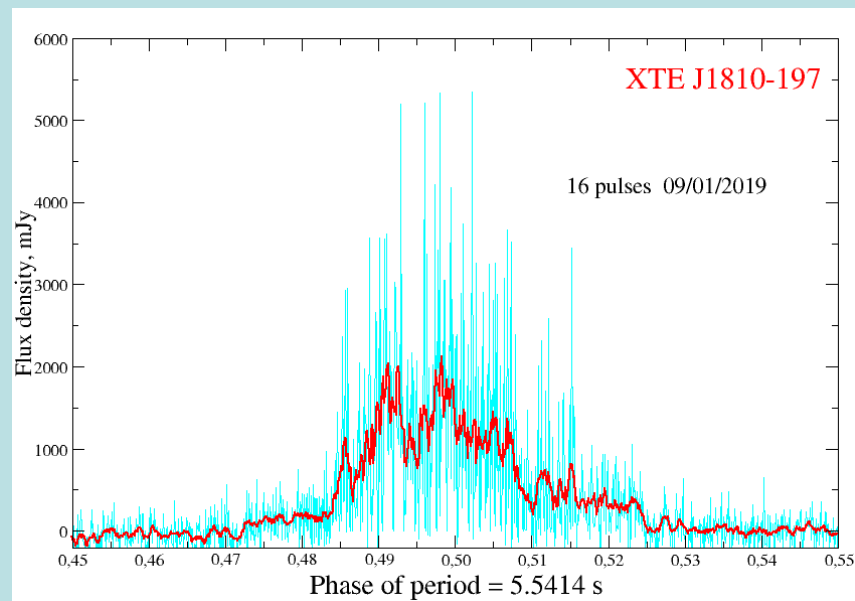
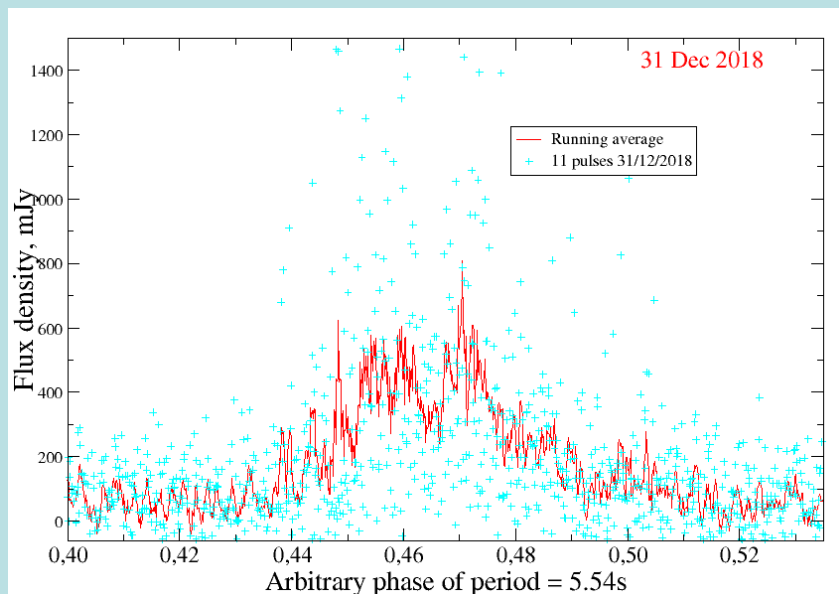


## Обзор Галактики на 3.9 ГГц в 1994 году



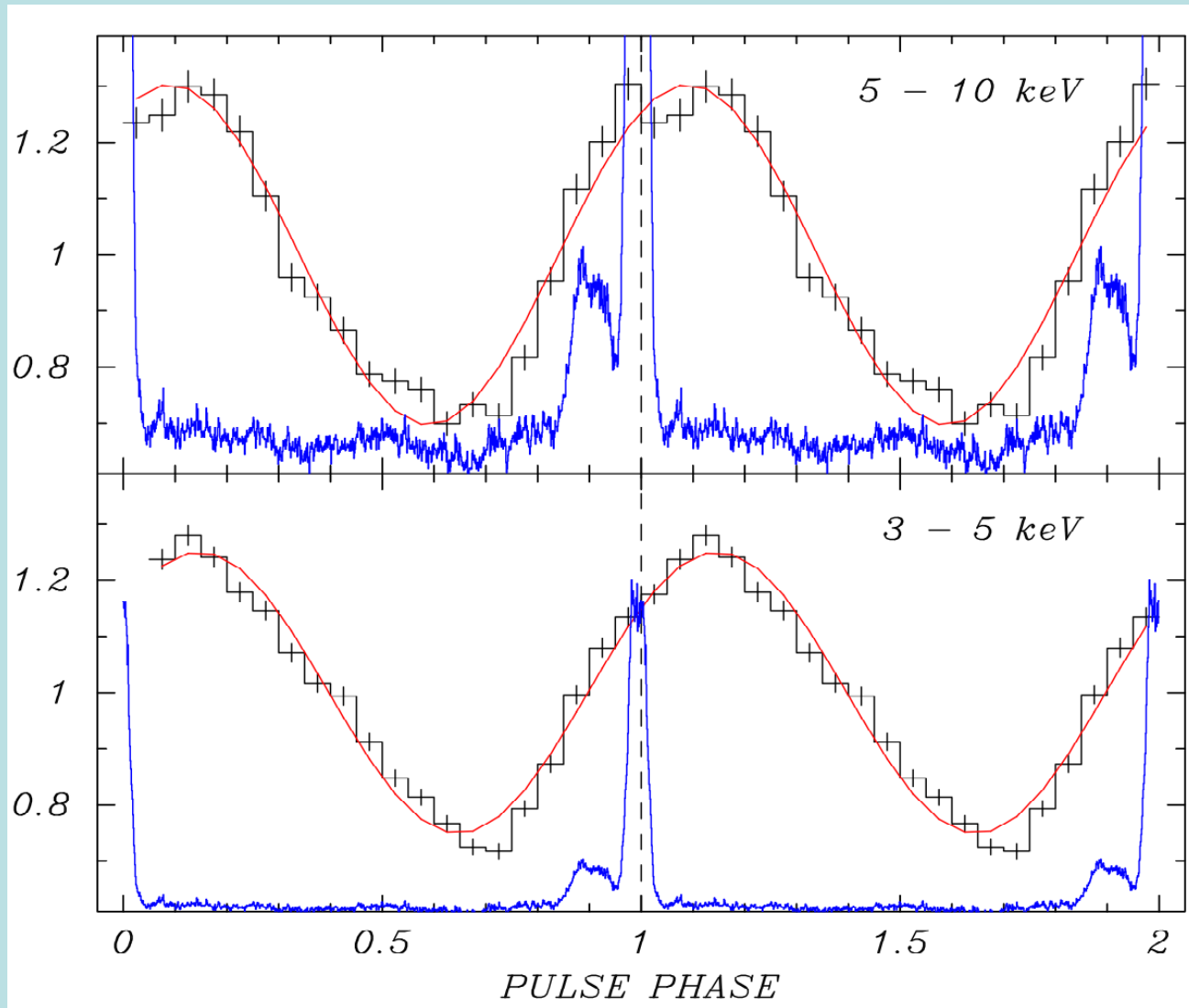
В этой области два мягких гамма-репитера SGR1806-20 и SGR1808-20

# Средние пульсации на 4.7 ГГц



Субструктура от импульса к импульсу «дышит»,  
Средние потоки меняются от 300 до 3000 мЯн

# X-ray pulsations (black) + radio pulses (blue)





# «Период — производная периода» для пульсаров

