

Обнаружение RRAT пульсара PSR J2225+35

Шитов Ю.П. , Кузьмин А.Д.,
Думский Д.В., Лосовский Б.Я.

RRAT (Rotating Radio Transient)- новый класс космических источников радиоизлучения, отличительной особенностью которого является вспышечный характер излучения с длительными интервалами радиомолчания.

McLaughlin et al 2005 обнаружили 11 объектов этого класса нейтронных звезд, наблюдаемых как вспышки периодического импульсного диспергирующего радиоизлучения.

Наблюдаемая периодичность предполагает излучение вращающейся нейтронной звезды.

Временной интервал между всплесками от 4-х минут до 3-х часов.

Один из объектов этого вида RRAT J1819-1458 обнаружен также в рентгеновском излучении.

Коротко-живущий характер излучения предполагает, что Галактическая популяция таких объектов значительно превосходит популяцию регулярных радио пульсаров, что открывает новые возможности исследования нейтронных звезд.

**С целью поиска новых пульсаров,
обладающих спорадическим характером излучения,
проведен обзор выбранных участков небесной сферы.**

**Обнаружен пульсар PSR J2225+35, обладающий свойствами RRAT
(Rotating Radio Transient).**

Наблюдения и обработка

Наблюдения проводились в 2004 и 2007 гг. на радиотелескопе БСА ПРАО АКЦ ФИАН на частоте 111 МГц.

В 2004 г использовался 128 - канальный приемник с полосой каналов $\Delta\nu = 20$ кГц. Интервал считывания – 6.6560 мс. В 2007 г использовался также 512 канальный преемник с полосой каналов 5 кГц, интервал считывания – 2.4576 мс.

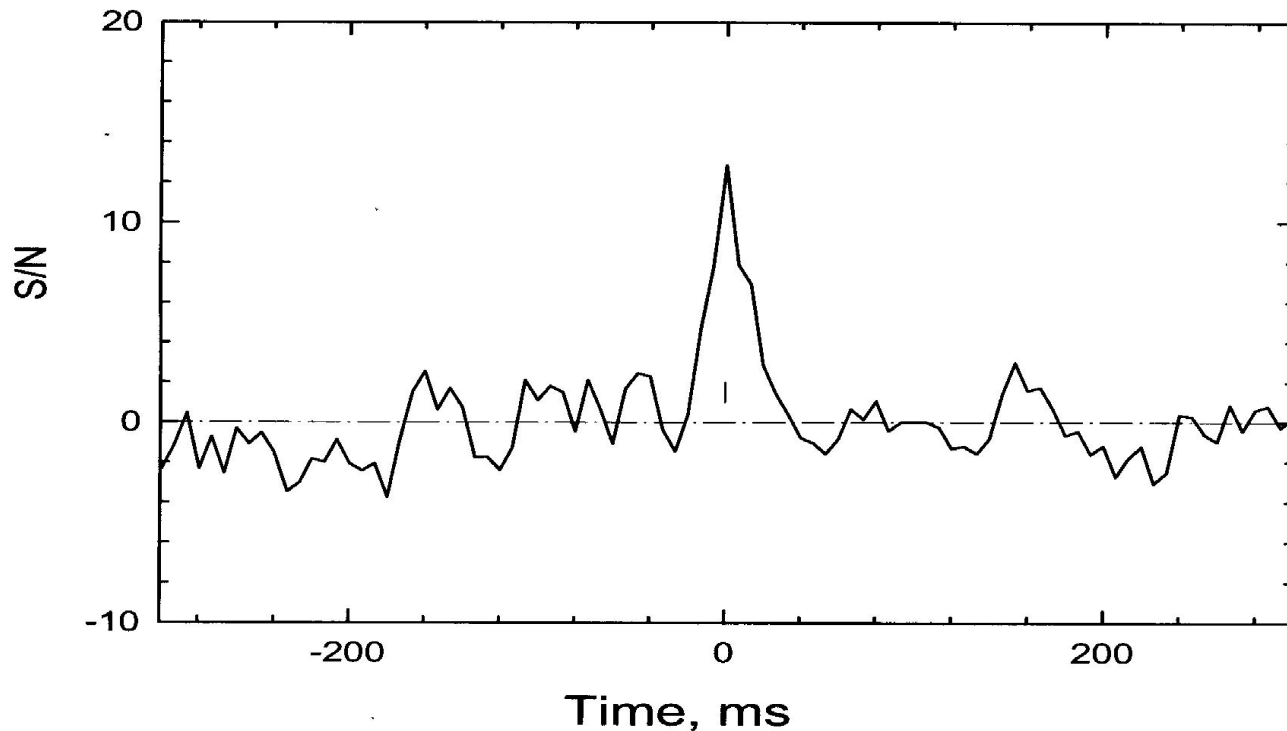
Наблюдались индивидуальные импульсы.

**БСА -меридиональный радиотелескоп.
Длительность наблюдения определялась
временем прохождения источника
через диаграмму направленности антенны около 5 мин.**

Проведено 12 сеансов наблюдений в 2004 г и 33 сеанса в 2007 г.

**Программа поиска индивидуальных диспергирующих
импульсов
в интервале мер дисперсии $DM = 8 - 150$ пк см-3.**

**8 декабря 2004 г зарегистрирован индивидуальный импульс
в направлении $\alpha = 22$ ч 24.4 м и $\delta = 35^\circ.5$**



Мера дисперсии по максимуму С/Ш

$$DM = 51.8 \text{ пк см}^{-3}$$

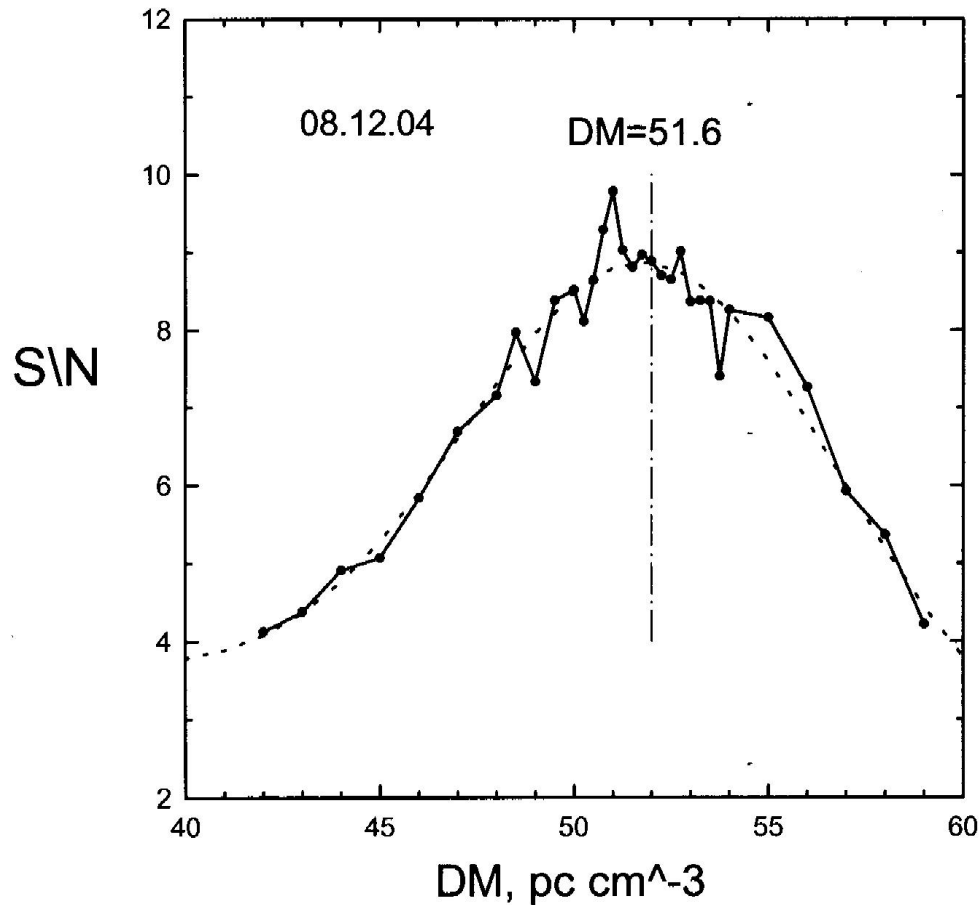


Рис. Зависимость отношения С/Ш от меры дисперсии.

**Расстояние до источника излучения $d = 3.05$ кпк.
Определено по мере дисперсии с учетом неоднородности
и спиральной структуры Галактики**

С компенсацией дисперсионного частотно-временного сдвига импульс наблюдается одновременно во всей полосе частот приемника

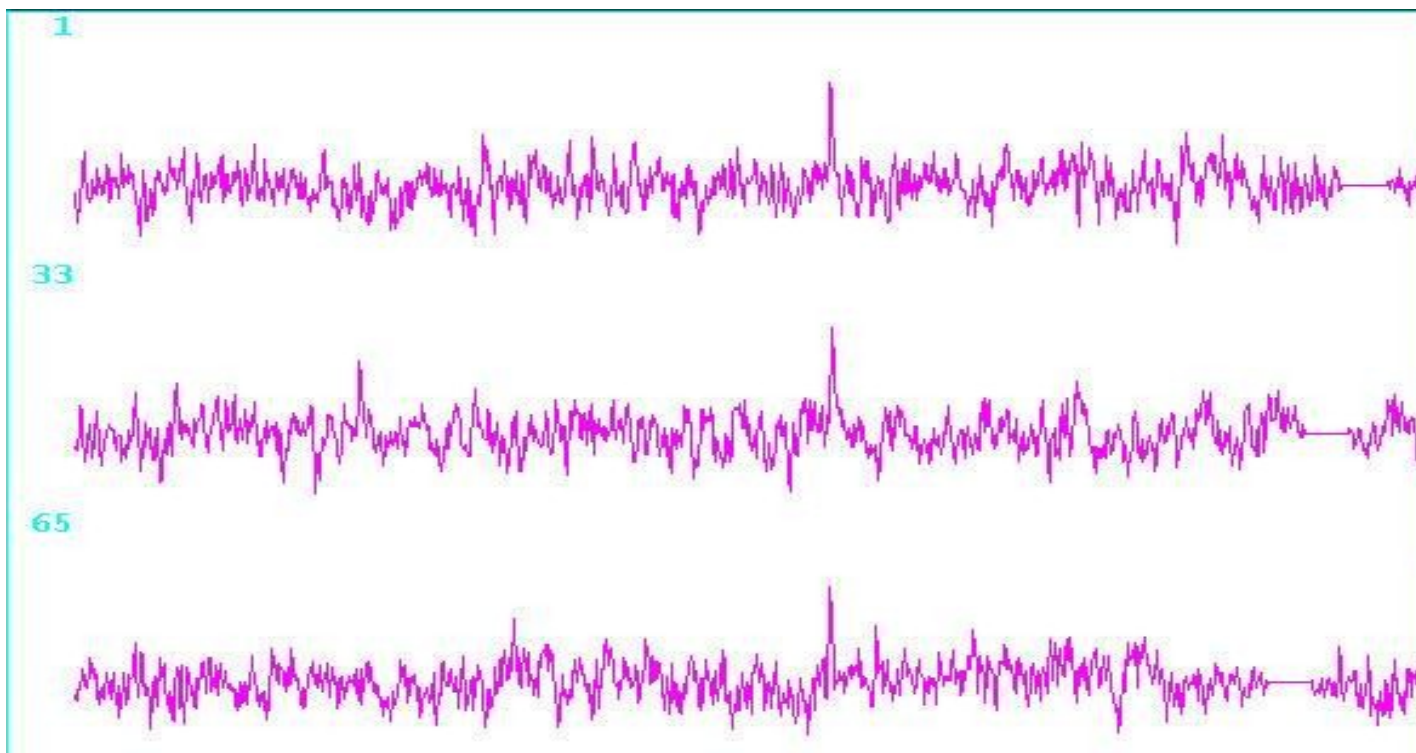


Рис. Импульс пульсара 8 декабря 2004 г в 3-х группах частотных каналов

Уширение импульса рассеянием на пути распространения в межзвездной среде $\tau_{sc} \cong 7$ мс соответствует известной для других пульсаров статистической зависимости τ_{sc} (DM)

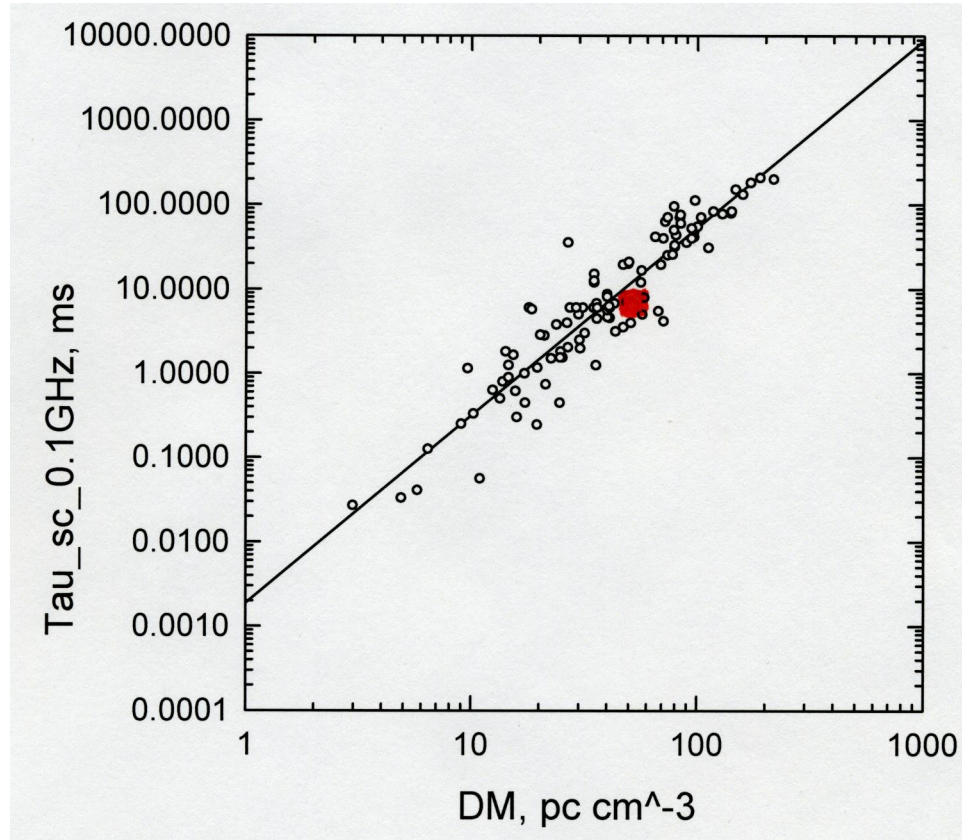


Рис. Зависимость τ_{sc} от DM

Космическая природа радиоизлучения подтверждается также частотно-зависимым Фарадеевским изменением интенсивности источника космического радиоизлучения, наблюдаемого на линейно поляризованной антенне.

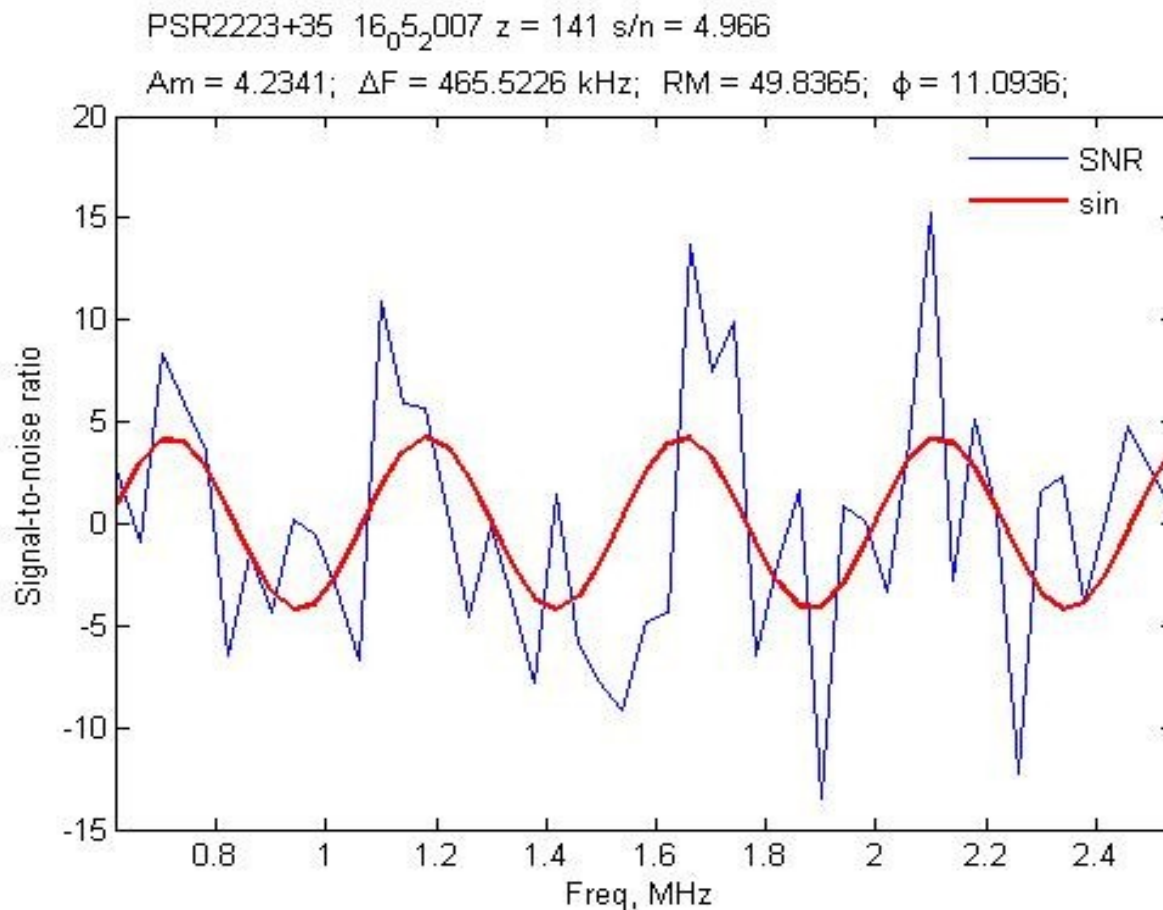


Рис. Поляризационное изменение интенсивности по частоте

Мера вращения $RM = 49.8$ рад м⁻². соответствует
ожидаемой для пульсара с $DM=51.8$ пк см⁻³

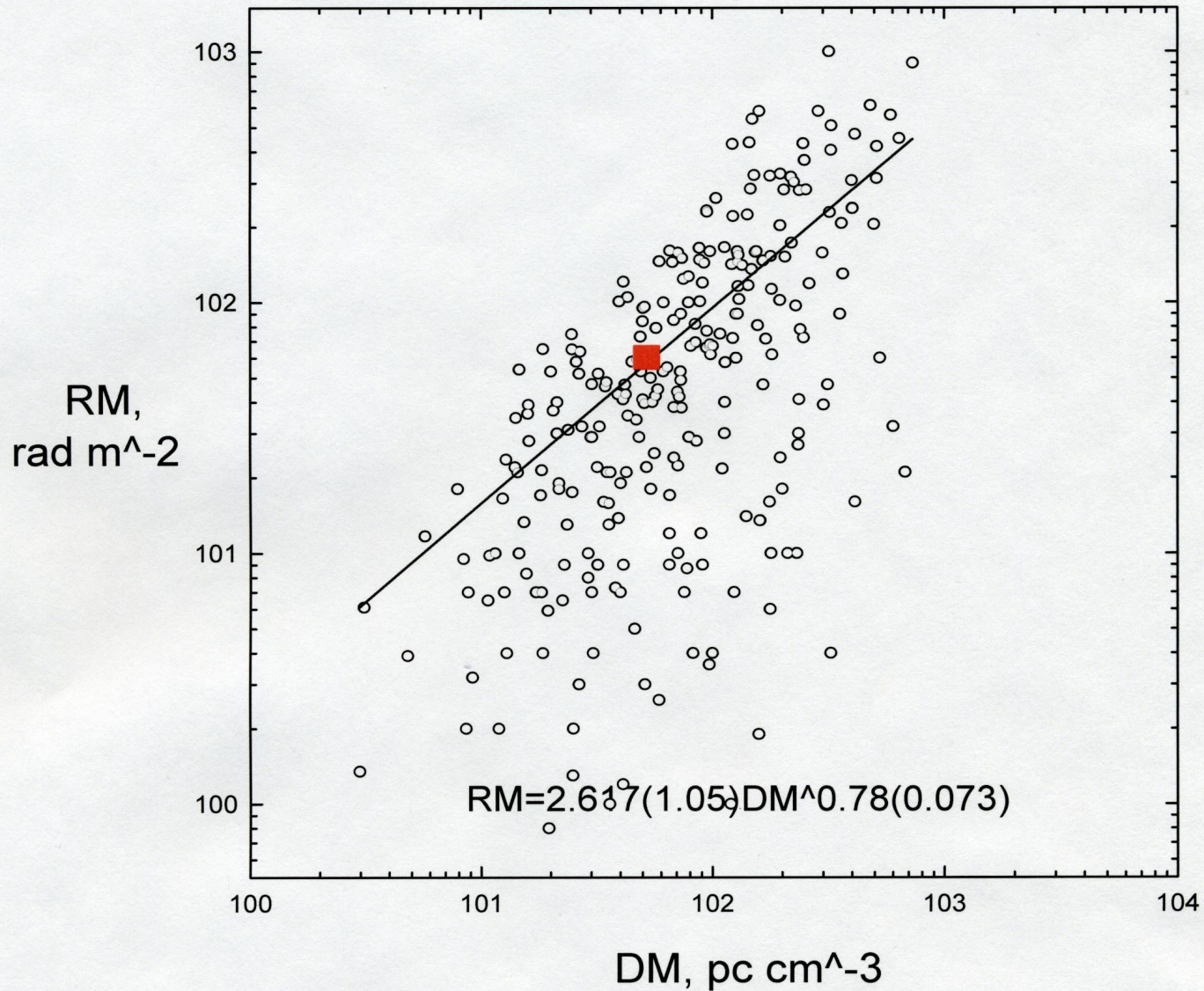


Рис. Каталожная зависимость RM от DM

**Фолдинг- анализом временной области
около наблюдаемого индивидуального импульса
выявлена периодичность изменения интенсивности**

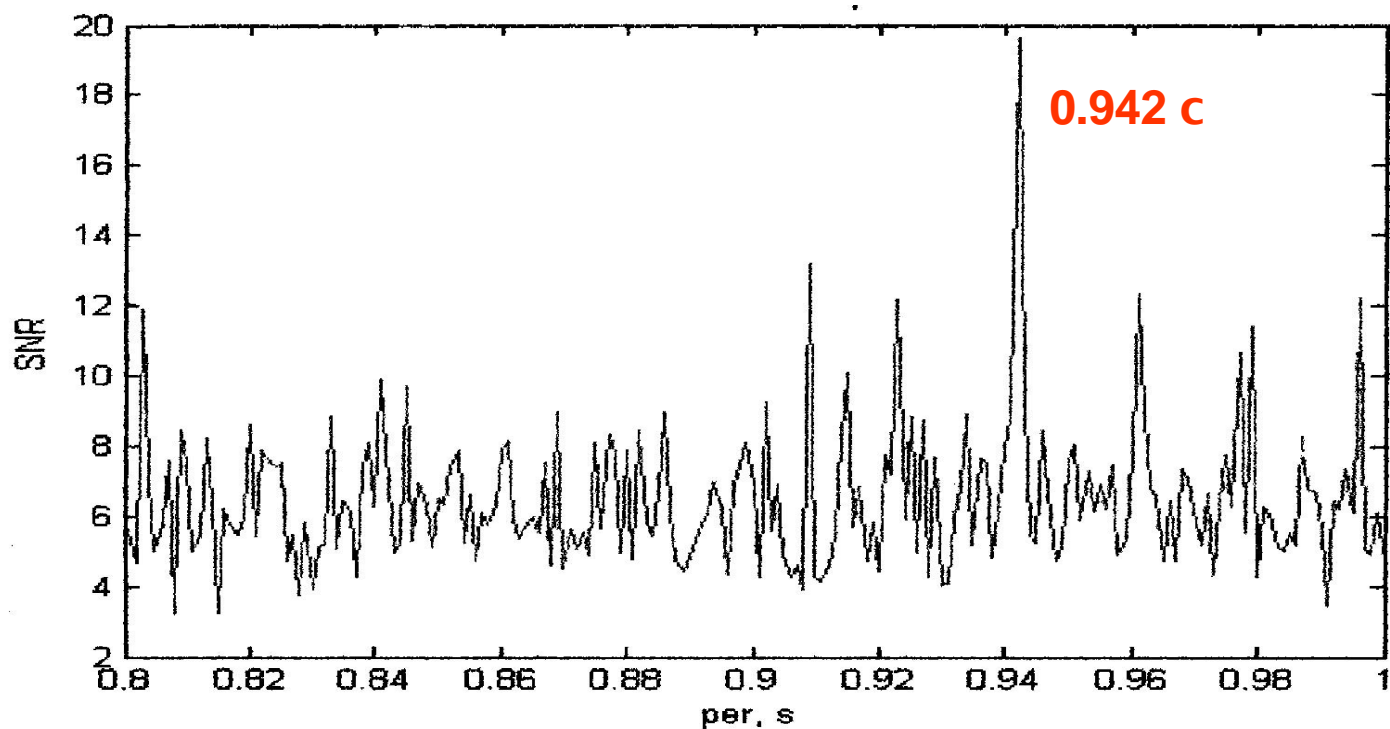


Рис. Фолдинг - спектр радиополучения 8 декабря 2004

Выделяется период 0.942 с.

Фолдинг - анализом всех 45 сеансов наблюдений 2004 и 2007 гг обнаружена еще одна вспышка импульсного радиоизлучения с таким же периодом .

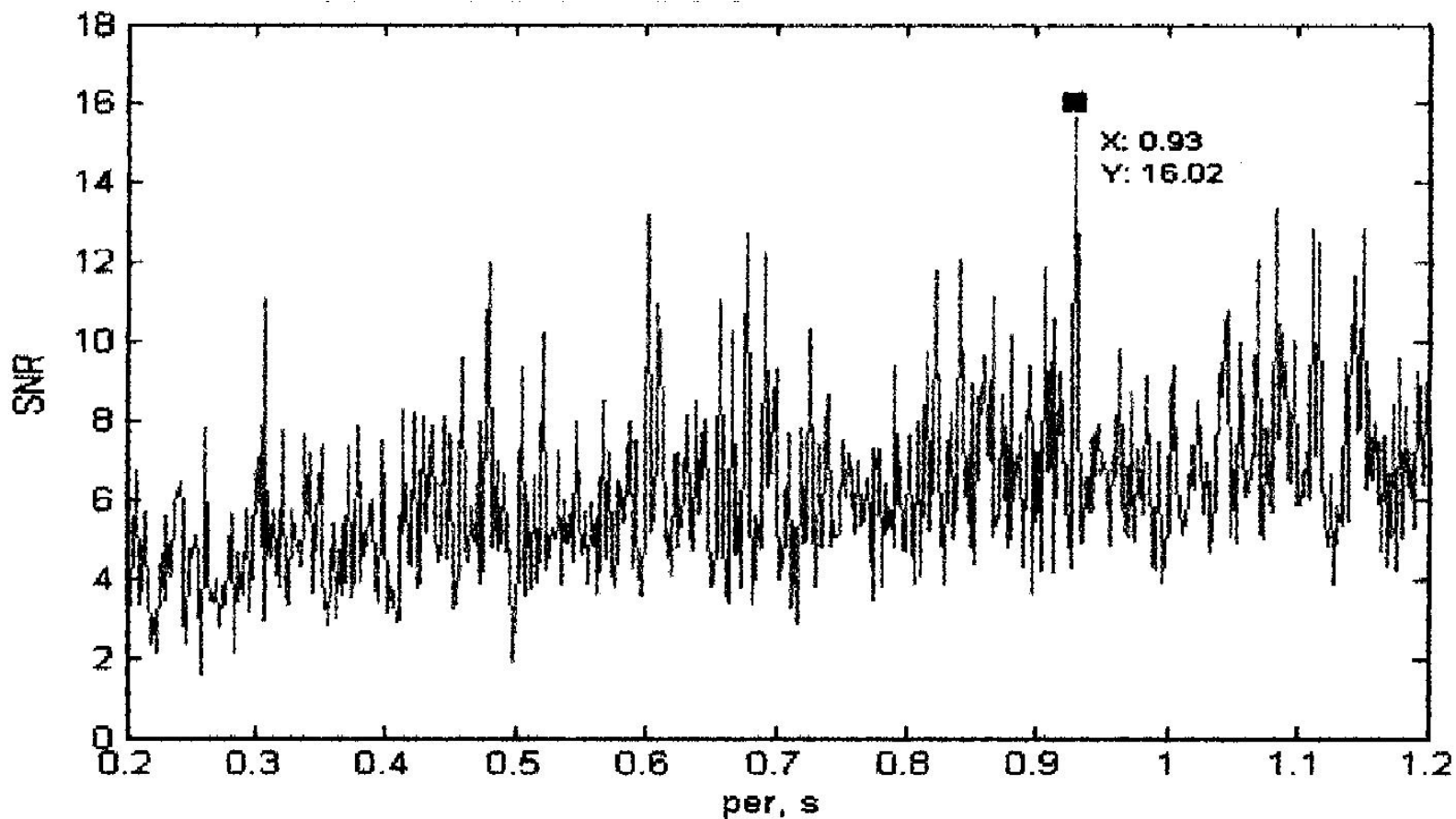


Рис. Фолдинг - спектр 19 декабря 2004

Полученный с этим периодом средний импульс за этот день идентичен индивидуальному и среднему импульсам 8 декабря.

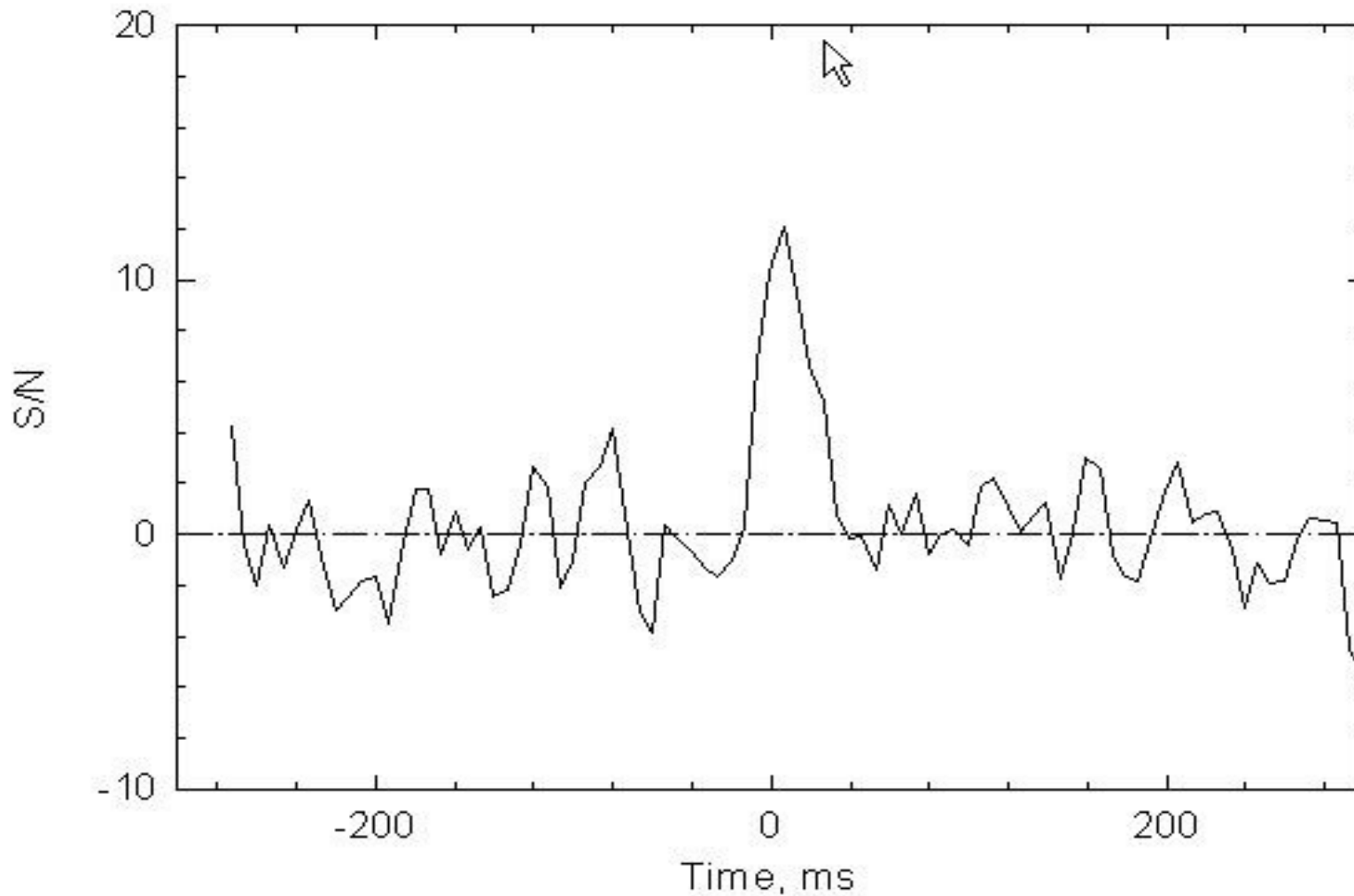


Рис. Средний импульс 19 декабря 2004

Итоги наблюдений

Обнаружен космический источник импульсного, периодического, поляризованного радиоизлучения:

Основные параметры :

Прямое восхождение $\alpha = 22^{\text{ч}} 25(1)^{\text{м}}$

Склонение $\delta = 35^{\circ} 30(20)'$

Мера дисперсии: $DM=51.9(0.1)$ пк см⁻³.

Период: $P = 0.935 (0.005)$ с.

Наблюдаемая длительность импульса: $w_{50} = 23$ мс

Уширение импульса рассеянием $t_{sc} = 7$ мс

Поляризация (мера вращения) $RM=49.8$ рад м⁻².

Расстояние: $d = 3.05$ кпк.

**Основная особенность –
вспыхивающий характер излучения**

**Из 3 часов наблюдений
радиоизлучение зарегистрировано только в 2-х
вспышках
импульсного периодического излучения
общей длительностью около 10 минут .**

**Вспышечный характер излучения
с длительными интервалами радиомолчания между
вспышками, дает основания полагать, что
обнаруженный пульсар, относится к новому классу
радиоизлучения нейтронных звезд RRAT Rotating RAdio
Transient (McLaughlin et al 2005).**

Основные параметры нового пульсара находятся в пределах соответствующих параметров известных 11-ти объектов RRAT класса:

Name	P, s	W_{50}/P	N_p	$T_{\text{obs}}/N_p, \text{ h}$
J0848-43	5.977	0.0050	27	0.7
J1317-5750	2.642	0.0038	108	0.2
J1443-60	4.758	0.0042	32	1.3
J1754-30	0.422	0.0379	18	1.7
J1819-1458	4.263	0.0007	229	0.1
J1826-14	0.770	0.0026	18	0.9
J1839-01	0.931	0.0161	8	1.6
J1846-02	4.476	0.0036	11	0.9
J1848-12	6.795	0.0003	10	0.8
J1911+00			4	3.3
J1913+1133	0.923	0.0022	66	0.2
J2225+35	0.942	0.0006	2	1.5

**Основные параметры нового пульсара
находятся в пределах соответствующих параметров
известных 11-ти объектов этого класса:**

**Периоды известных RRAT от 0.4 до 6.7 с.
Период нового RRAT пульсара 0.942 с.**

**Среднее время между вспышками известных RRAT
от 4 мин до 3-х часов.**

**Среднее время между вспышками
нового RRAT пульсара около 1.5 часов.**

Заключение

Обнаружен пульсар, характер излучения которого в форме кратковременных индивидуальных вспышек периодического радиоизлучения отличается от регулярно пульсирующих радио пульсаров и соответствует новому классу этих объектов – RRAT (Rotating Radio Transients) наблюдаемых как индивидуальные вспышки периодического радиоизлучения.

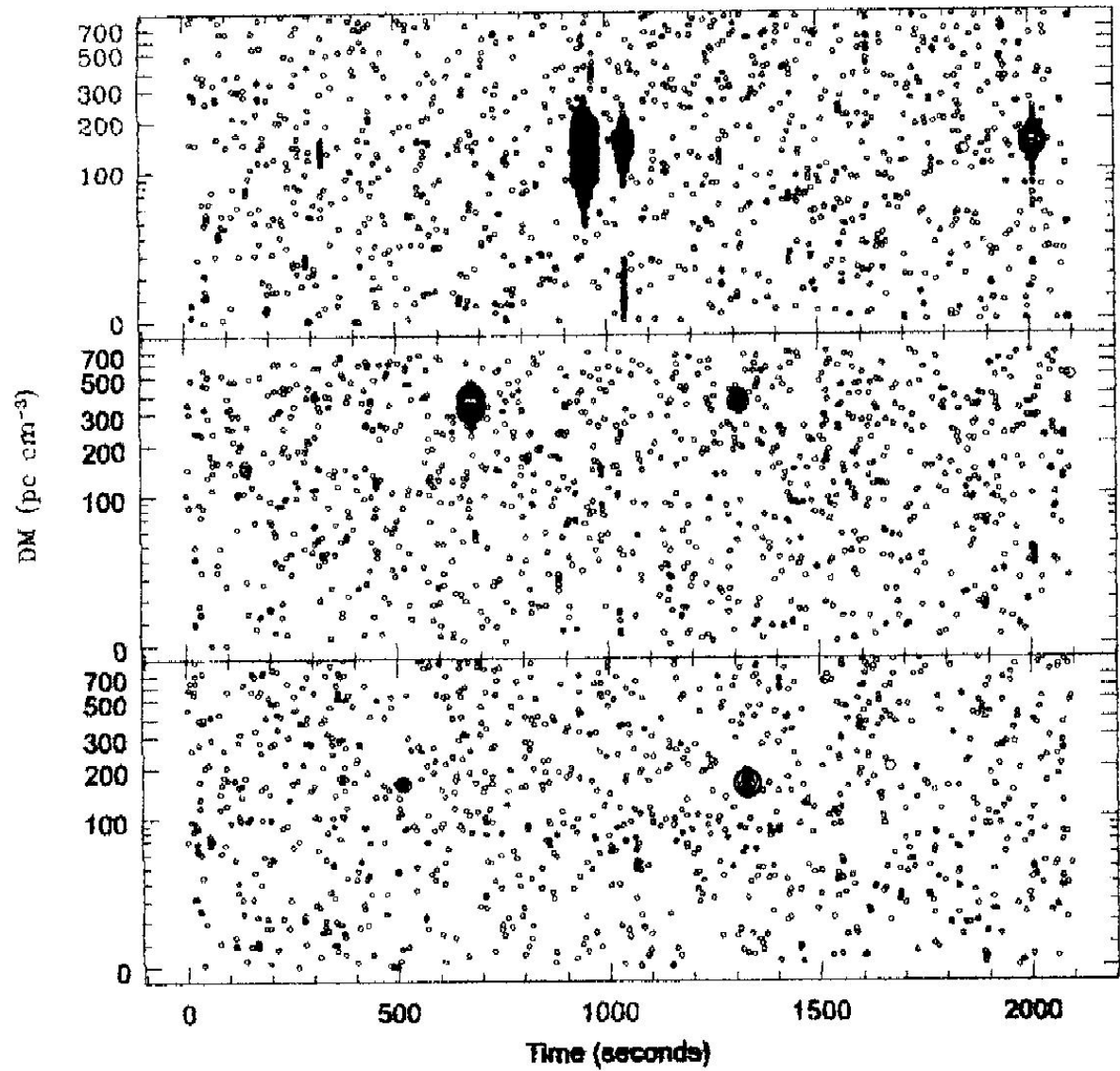
Расширяет популяцию исследуемых нейтронных звезд.

Спасибо

PSR J1317-5759

PSR J1443-60

PSR J1826-14



**Индивидуальный импульс 8 декабря
не принадлежит к классу гигантских.**

**Пиковая плотность потока его радиоизлучения
превышает плотность потока в максимуме среднего
импульса
всего примерно в 10 раз,
что в пределах вариаций интенсивности импульсов
обычных пульсаров**

**Таблица 2. Параметры известных
и обнаруженного RRAT объектов**

Name	P, s	W_{50}/P	N_p	$T_{obs}/N_p, h$
J0848-43	5.977	0.0050	27	0.7
J1317-5750	2.642	0.0038	108	0.2
J1443-60	4.758	0.0042	32	1.3
J1754-30	0.422	0.0379	18	1.7
J1819-1458	4.283	0.0007	229	0.1
J1826-14	0.770	0.0026	18	0.5
J1839-01	0.931	0.0161	8	1.6
J1846-02	4.473	0.0038	11	0.9
J1848-12	6.795	0.0003	10	0.8
J1911+00			4	3.3
J1913+1133	0.923	0.0022	66	0.2
J2225+35	0.942	0.0006	2	1.5

**Таблица 1. Итоговые измеренные и
вычисленные параметры пульсара**

Дата	08.12.04	19.12.04
Тип импульса	Индивид	средний
RA	22:25(3)	
Dec	35:30(0.6)	
P, с	0.942	0.93
DM, ПК см⁻³	51.6	52.0
W_{50obs}, мс	24	26
τ_{sc}, мс	7	5
W_{50cor}, мс	6	14
S₁₁₁, мЯн	310(140)	28(15)
RM, рад м⁻²	49.8	
d, кпк	3.05	3,05

Контрольные измерения известных пульсаров

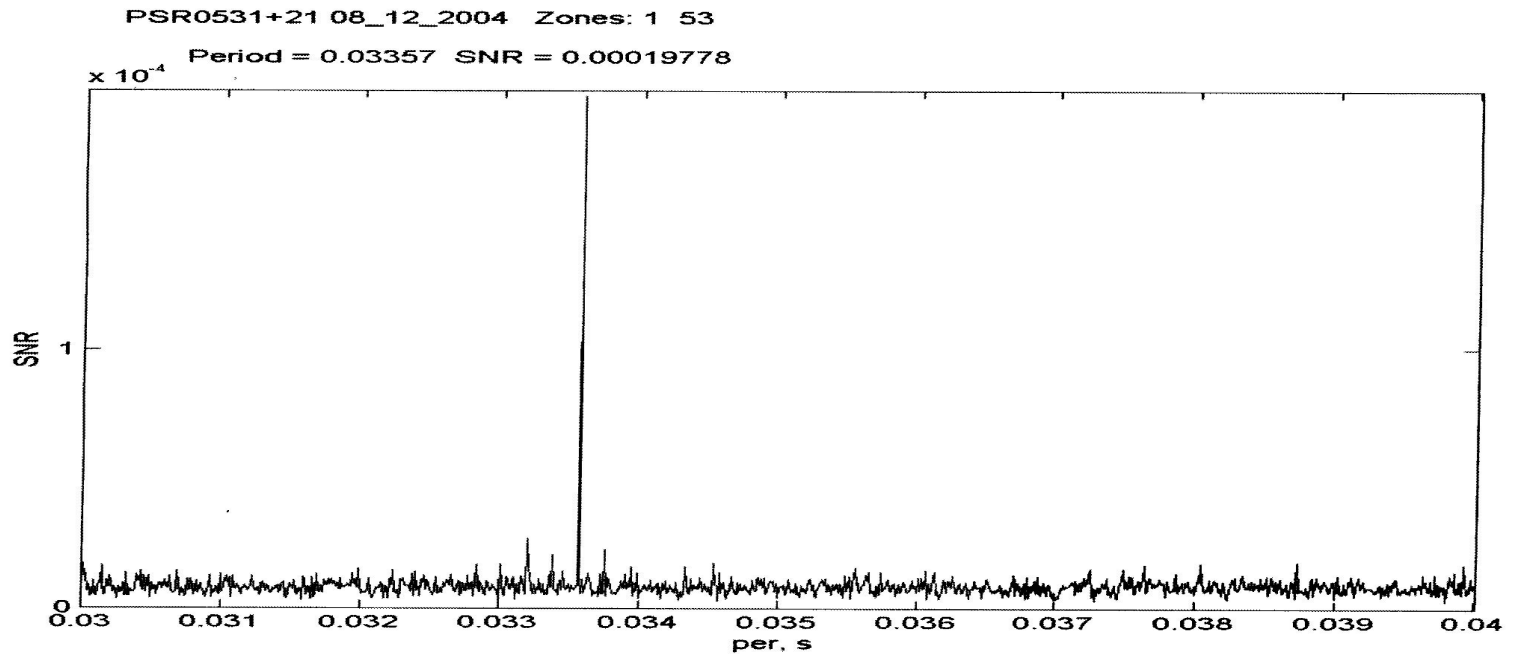


Рис Определение периода **контрольного** пульсара в Крабе для того же дня наблюдений 08.12.2004.

Определен период $P = 0.03357$ с. По данным JV мониторинга этого пульсара на 15 декабря 2004 г частота $\nu = 29.7876861131$ Гц, что соответствует периоду $P = 0.0335709$ с, т.е. отличное согласие и измерения и программа работают правильно.

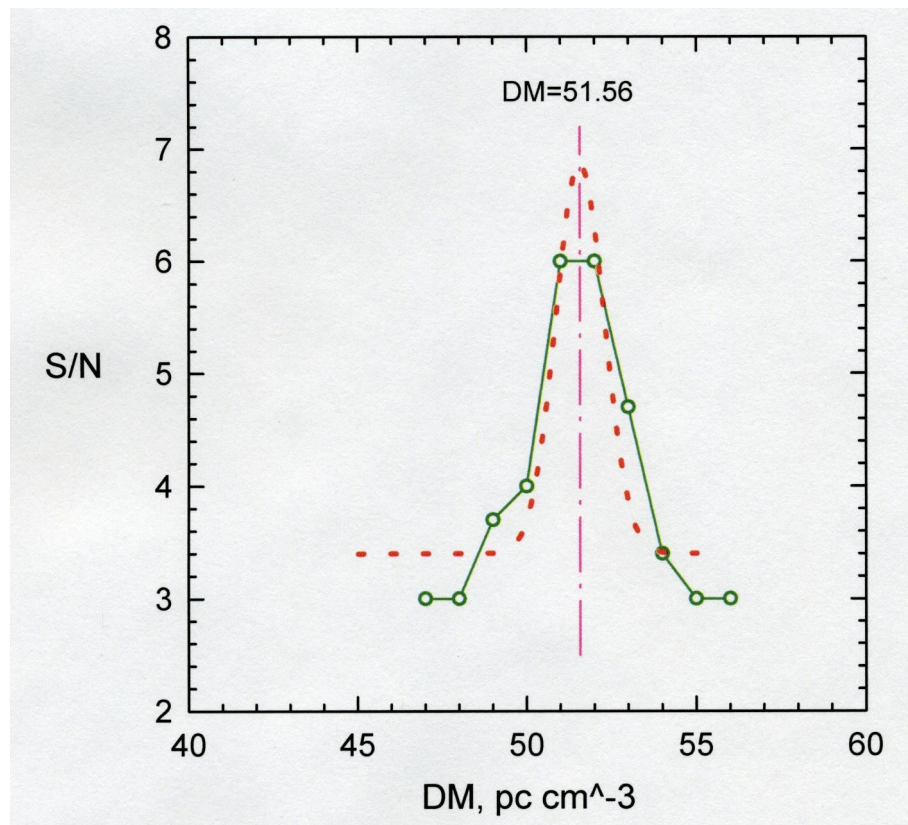
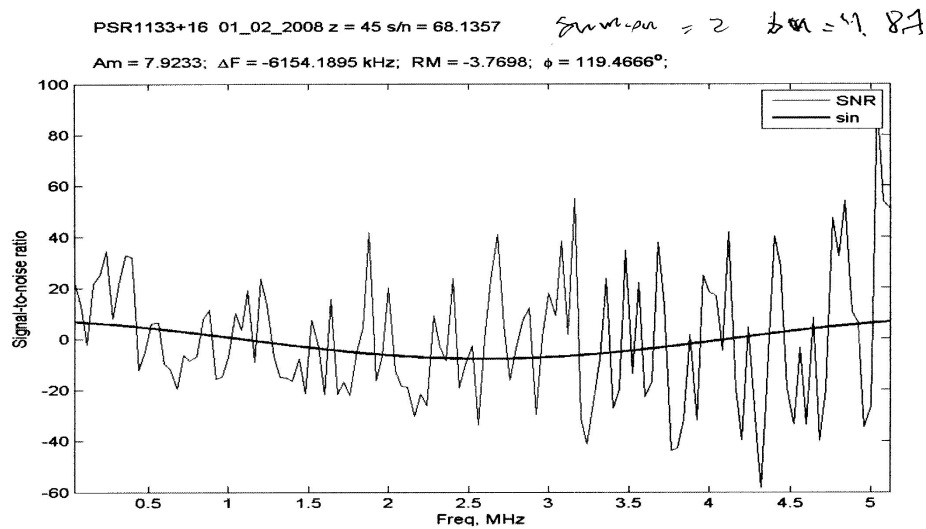


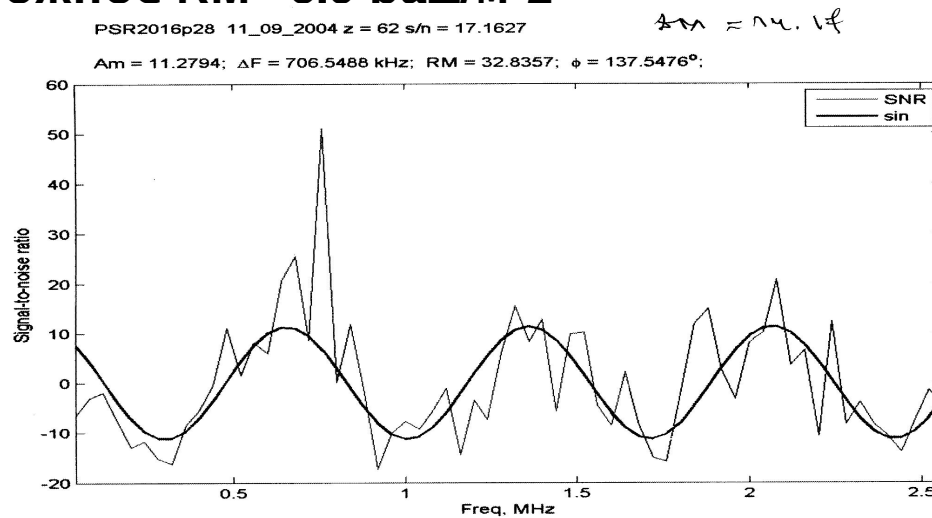
Рис.17. Определение DM наблюдений 19 декабря 2004 г.
DM= 52.0 пк см⁻³

Возможные модели

Прецессия



**Рис.9. Поляризация пульсара PSR B1133+16. $RM = 3.76$ рад/м⁻².
Каталожное $RM = 3.9$ рад/м⁻²**



**Рис.10. Поляризация пульсара PSR B2016+28. $RM = 35.5$ рад/м⁻².
Каталожное $RM = 34.6$ рад/м⁻²**

Поиск периодичности и определение периода

Спектральный Фурье-анализ –

Создана программа. Программа проверена на
известных
пульсарах B0329+54, B0531+21, 1919+21

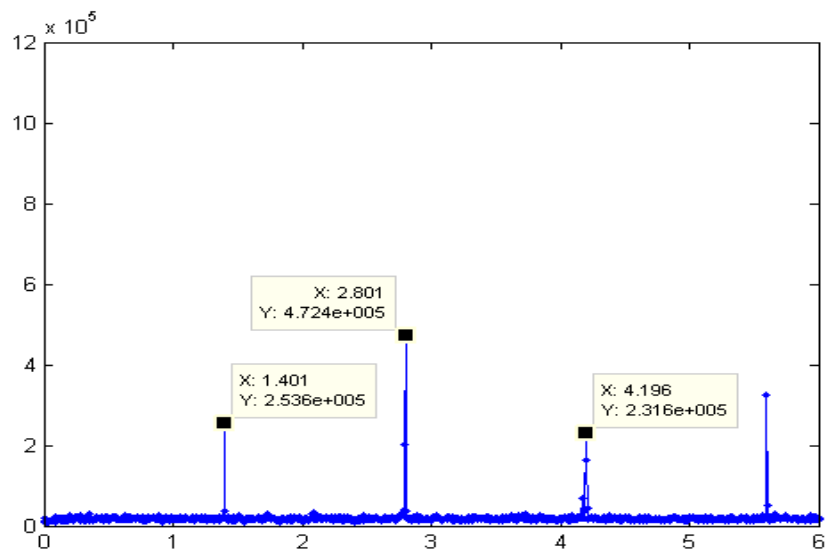


Рис.11. Фурье-спектр периодичности пульсара PSR B0329+54. По оси абсцисс – частота в Гц: измеренная частота 1.401 Гц соответствует известному периоду пульсара PSR B0329+54 $P=0.714$ с.