



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

Физический  
ИНСТИТУТ



имени  
*П.Н. Лебедева*

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Ф И А Н

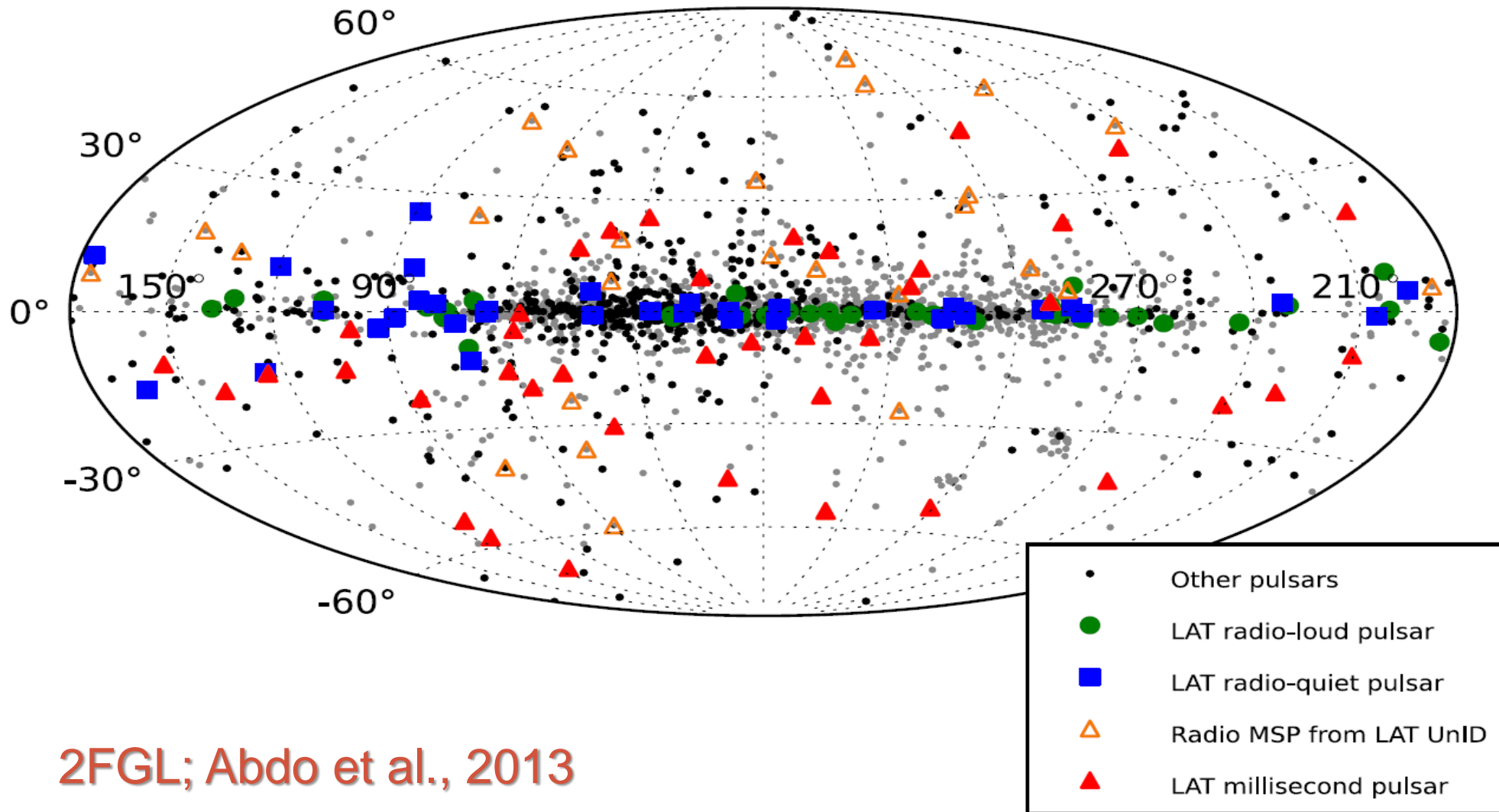
---

# ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ОТ ГАММА-ПУЛЬСАРА J1836+5925

Теплых Д.А., Малофеев В.М., Малов О.И., Малов И.Ф., Тимиркеева М.А.

*Пуцунская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН*

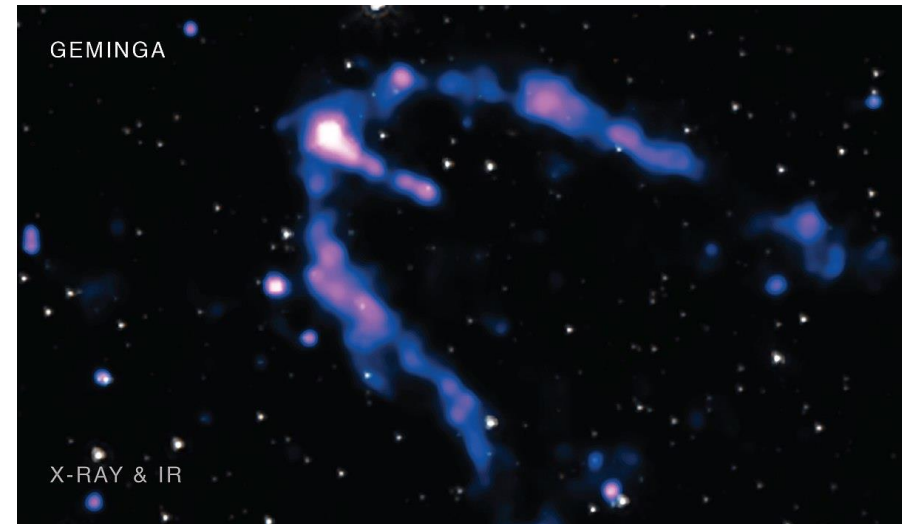
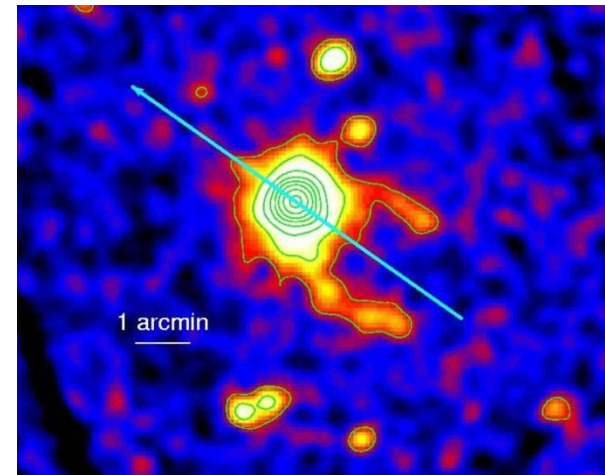
# Распределение пульсаров в Галактических координатах



2FGL; Abdo et al., 2013

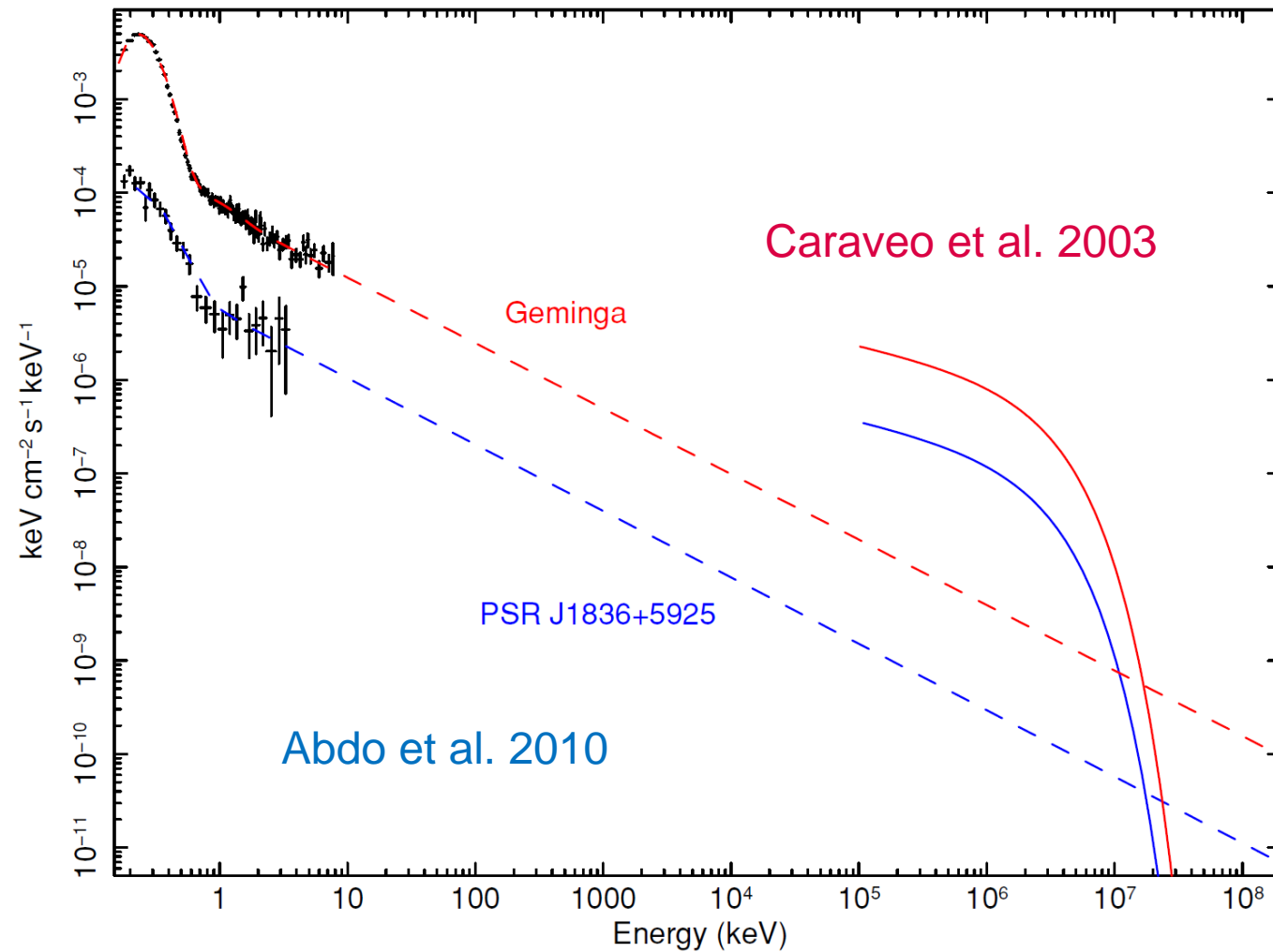
# Геминга (Geminga)

- Gemini gamma-ray source
- на миланском ломбардском диалекте *gh'è minga* [g ε 'mĩŋga] означает "этого нет" (it's not there)
- Геминга была обнаружена в 1975 году как второй по яркости источник на небе в гамма-диапазоне спутником SAS-2
- В 1992 году спутником ROSAT было обнаружено пульсирующее рентгеновское излучение
- Один из самых близких пульсаров



| <b>Параметры</b>        | <b>J 0633+1746</b>     | <b>J1836+5925</b>   |
|-------------------------|------------------------|---|
| Период, сек             | 0.237                  | 0.173   |
| Координаты(l, b )       | (195°,4°)              | (89°,25°)   |
| Расстояние, кпк         | 0.25                   | 0.3 – 0.8   |
| γ                       | Kniffen et al., 1975   | Nolan et al., 1996  |
| X-ray                   | Bignami et al., 1983   | Pavlov, 2014  |
| Оптика                  | Bignami et al., 1987   | <del>Halpern et al., 2002</del>   |
| Радио                   | Malofeev & Malov, 2002 | <del>Halpern et al., 2002</del>   |
| DM, см <sup>-3</sup> пк | 2.89                   | 2 - 24  |
|                         | <b>Geminga</b>         | <b>Geminga-like</b>   |
|                         |                        | J0007+7302 (Lin et al., 2010),<br>J2021+4026 (Lin et al., 2013),<br>J1813–1246 (Marelli et al., 2014) |

Развернутый спектр PSR J1836 + 5925 по сравнению со спектром Геминги: комбинация черного тела и степенного закона дает лучшее соответствие. Общее сходство очевидно



# Наблюдения

J 1836+5925

БСА ФИАН: 111 МГц,

$$A_{\text{eff}} \sim 40\,000 \text{ м}^2$$

было проведено > 110 дней наблюдений

стандартный цифровой приемник с  
высоким частотно временным  
разрешением: 470 каналов с полосой  
каждого 4.88 кГц и с временным  
разрешением 2.46 мс.

На сегодняшний день нет никакой оценки  
меры дисперсии!

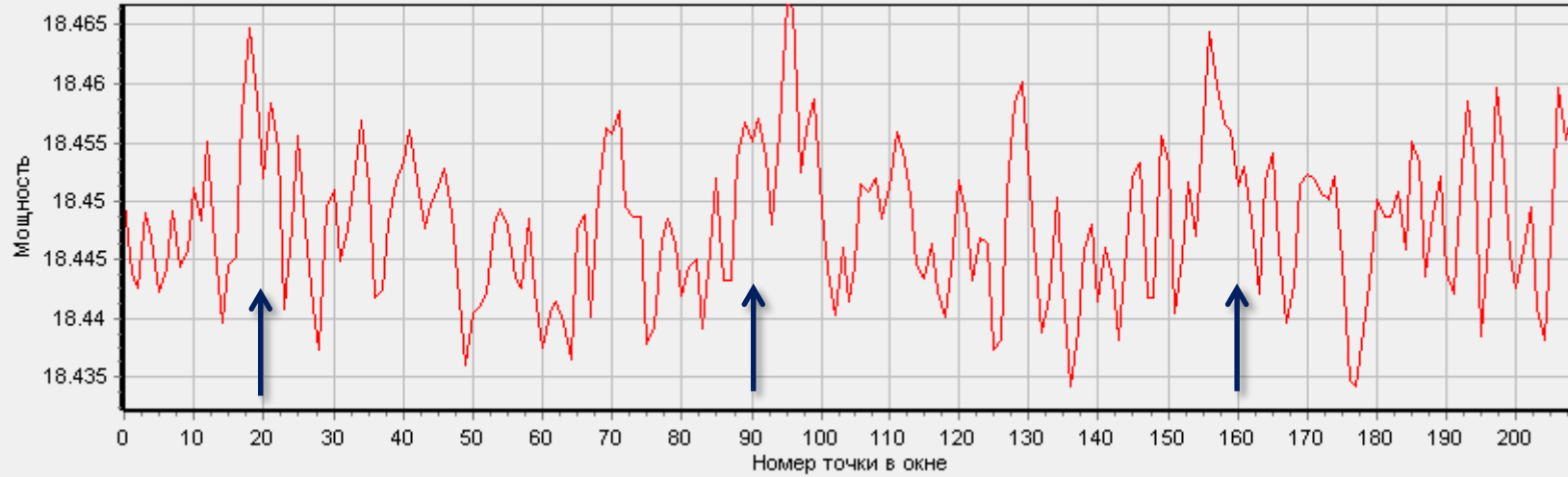


## Наблюдения 8.12.2021

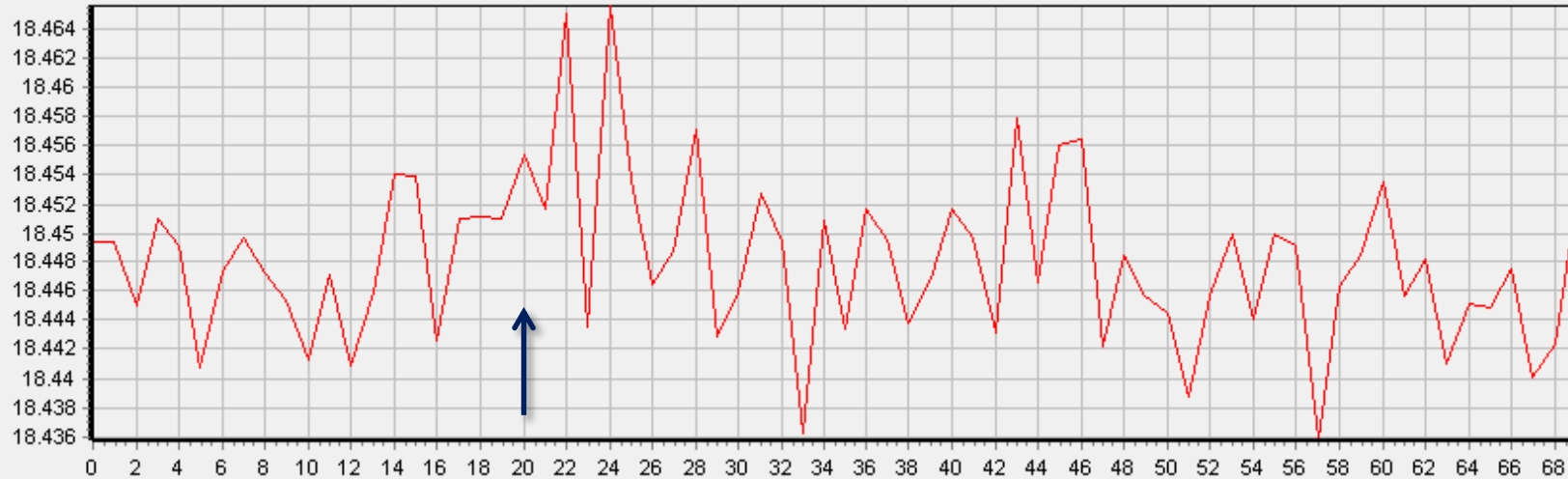
Интегральные профили импульса:

Сумма 726 групп тройных импульсов,  
DM = 24, S/N = 3,2

081221\_1836+59\_00 SNR=3.2



081221\_1836+59\_00 SNR=3.7

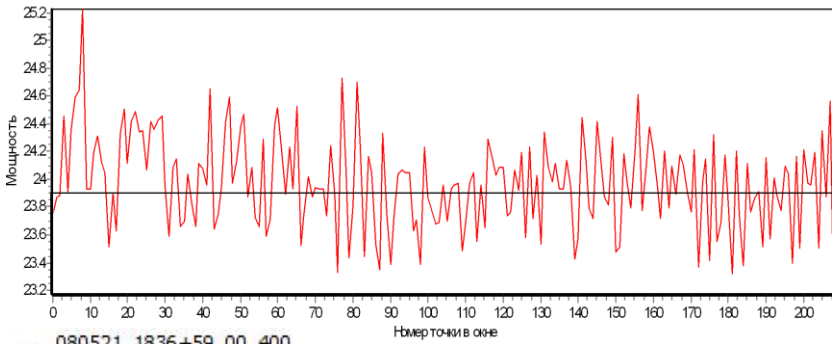


Сумма 3×726 периодов, DM = 23, S/N  
= 3,7

# Примеры индивидуальных импульсов

8.05.2021

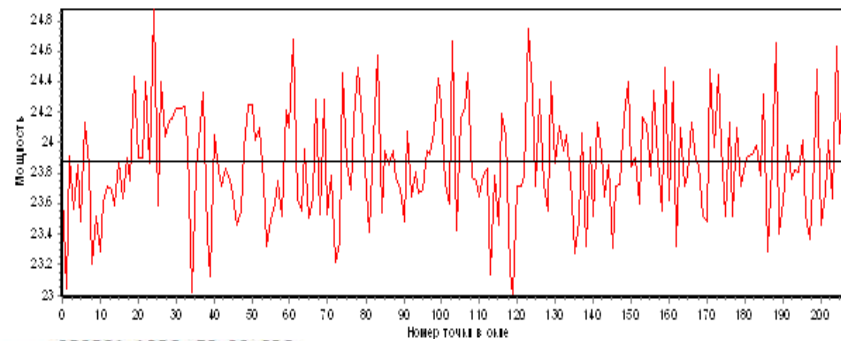
№400  $DM = 24$ ,  $S/N = 4.7$



080521\_1836+59\_00\_400

3.03.2021

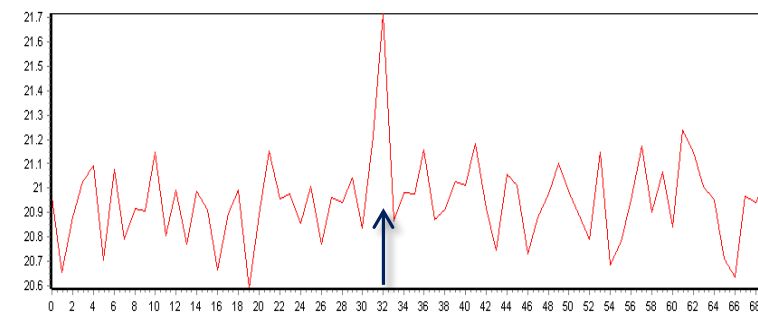
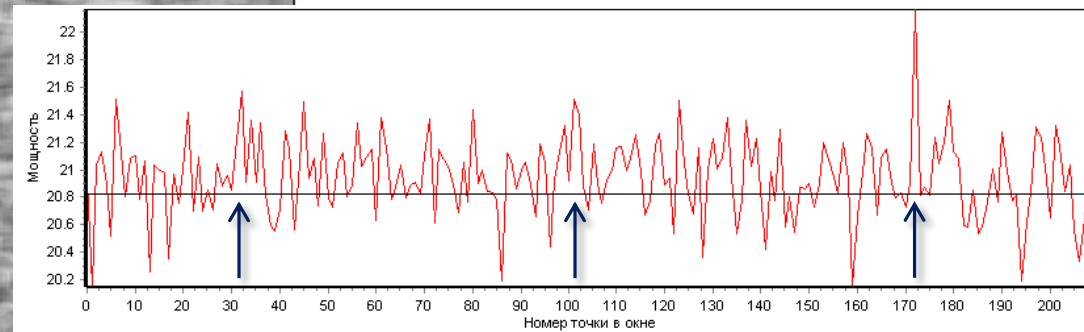
№696,  $DM = 24$ ,  $S/N = 3.0$



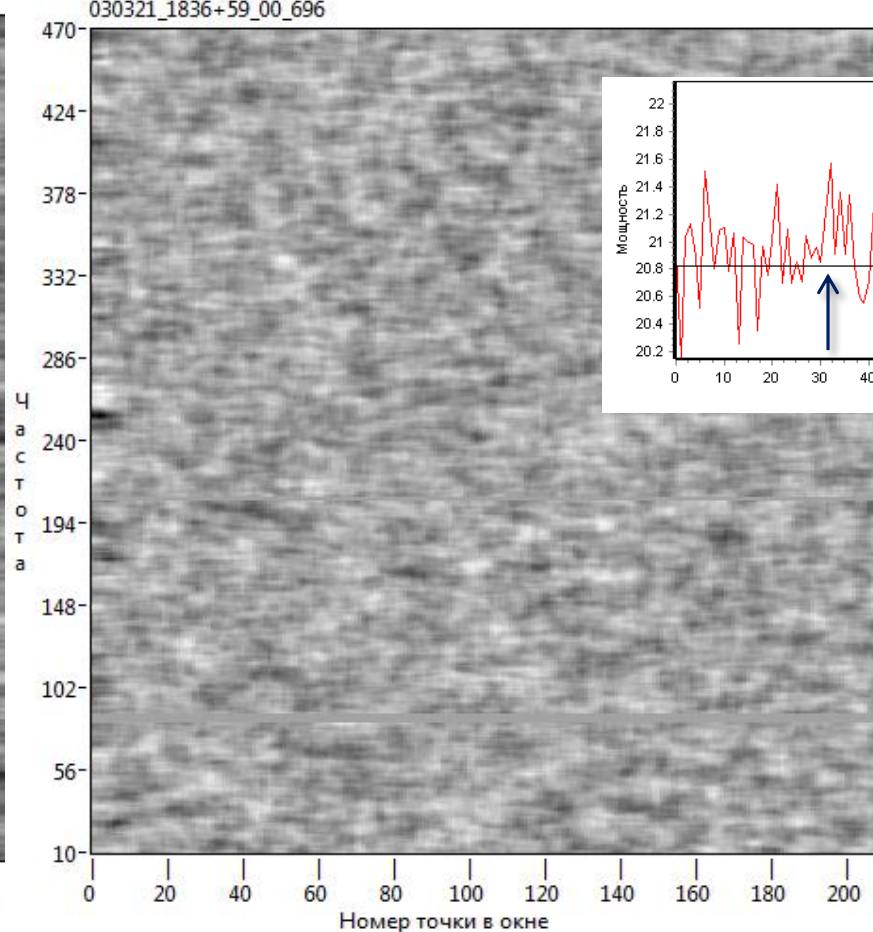
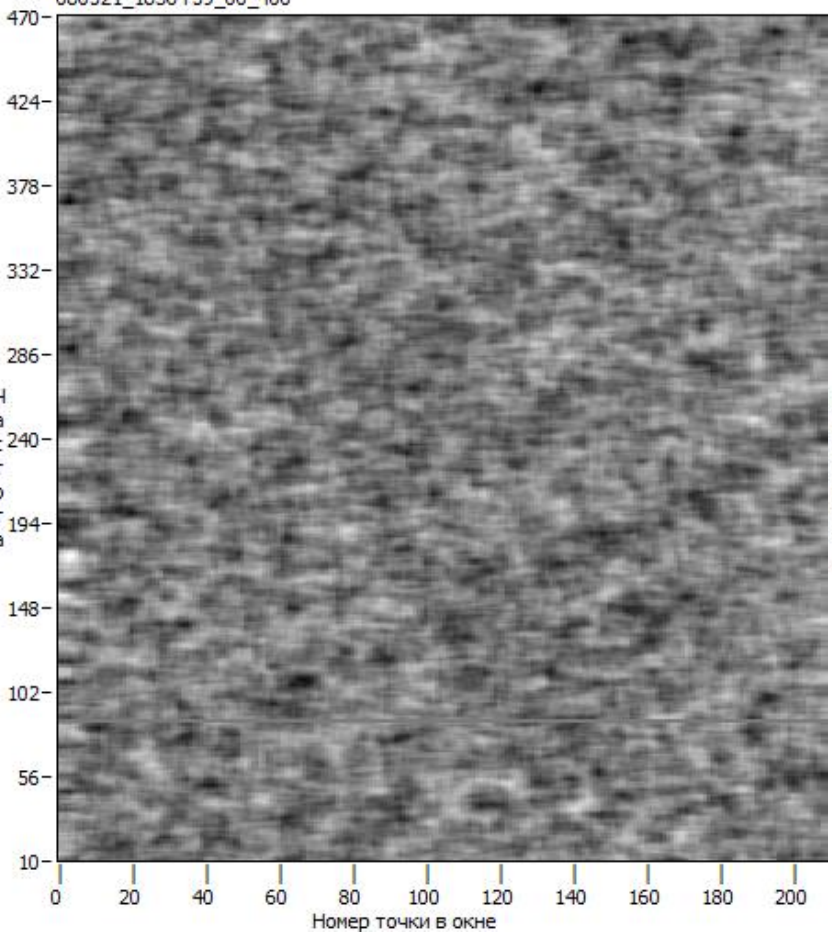
030321\_1836+59\_00\_696

3.03.2021

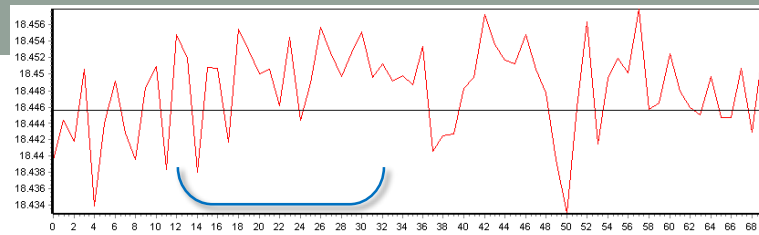
№107,  $DM = 24$ ,  $S/N = 4.9$



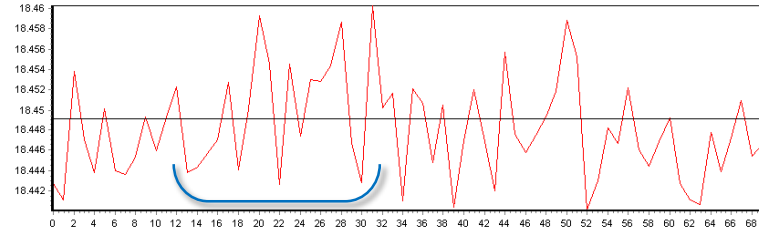
*Свертка с одним периодом*



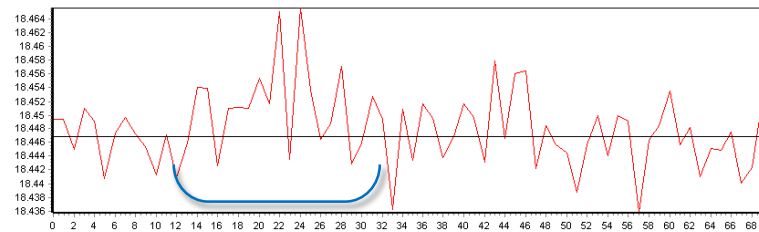




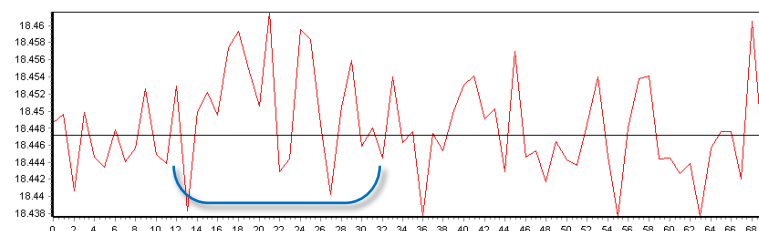
DM = 19 (S/N = 1,8)



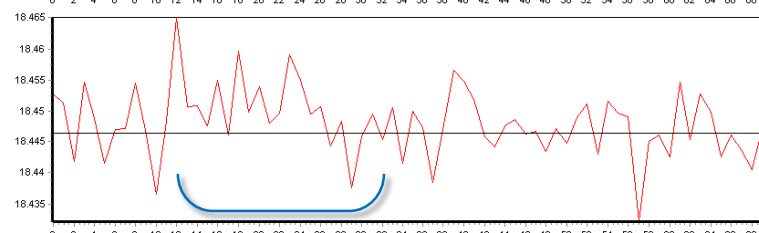
DM = 21 (S/N = 2,8)



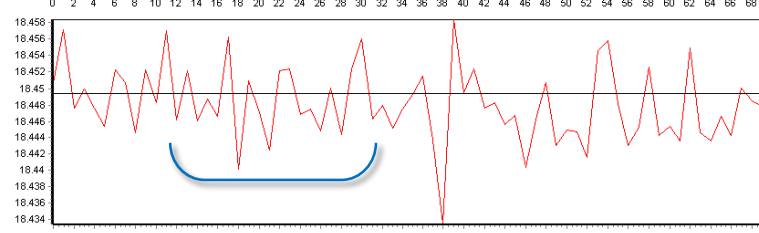
DM = 23 (S/N = 3,7)



DM = 24 (S/N = 3,1)



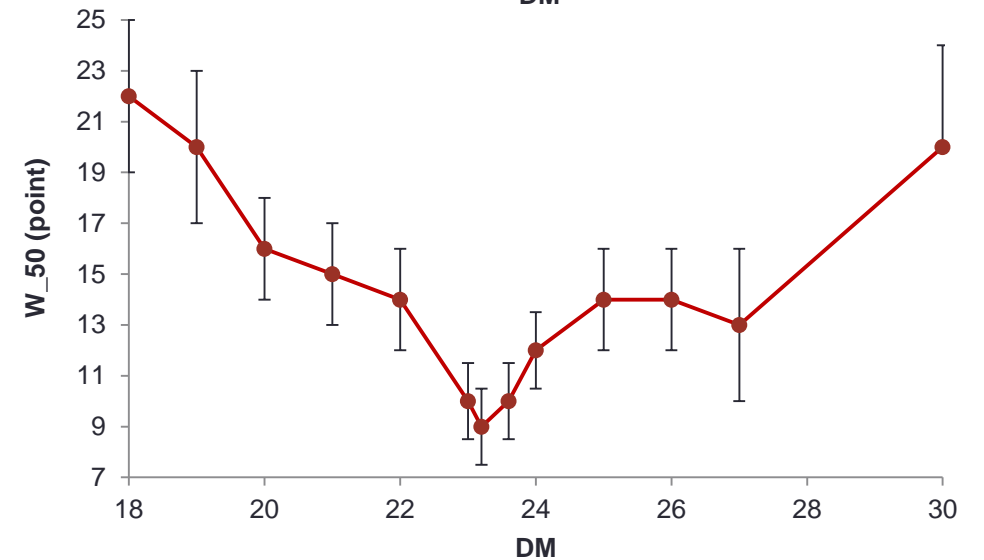
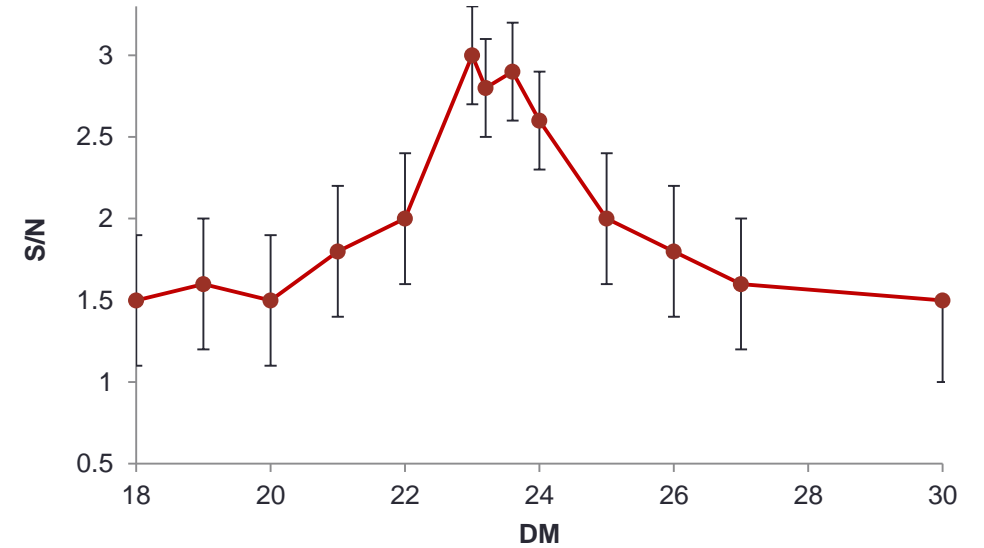
DM = 26 (S/N = 3,7)

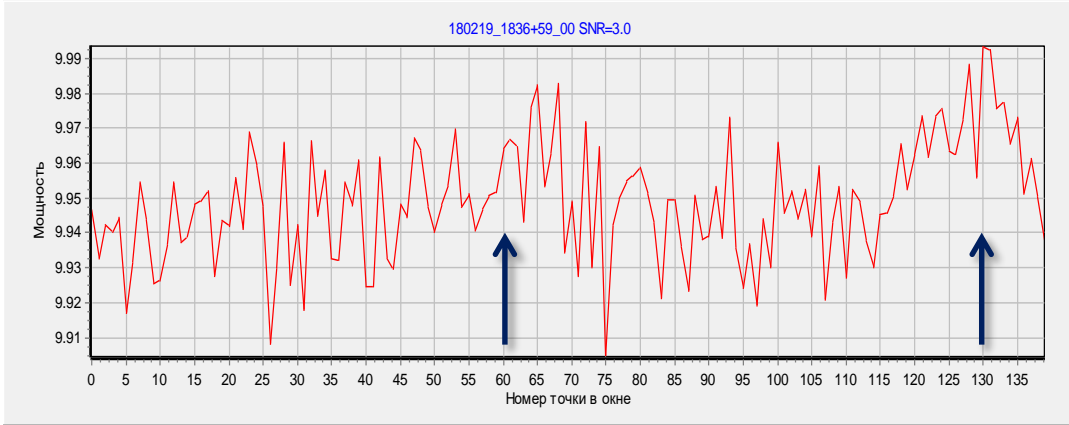


DM = 30 (S/N = 2,2)

## Наблюдения 8.12.2021

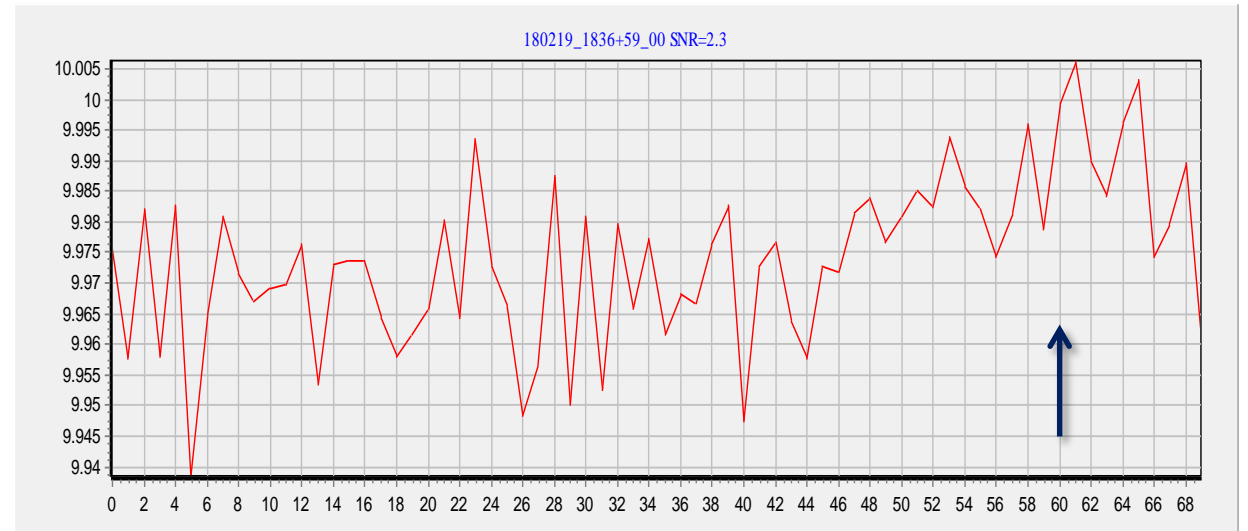
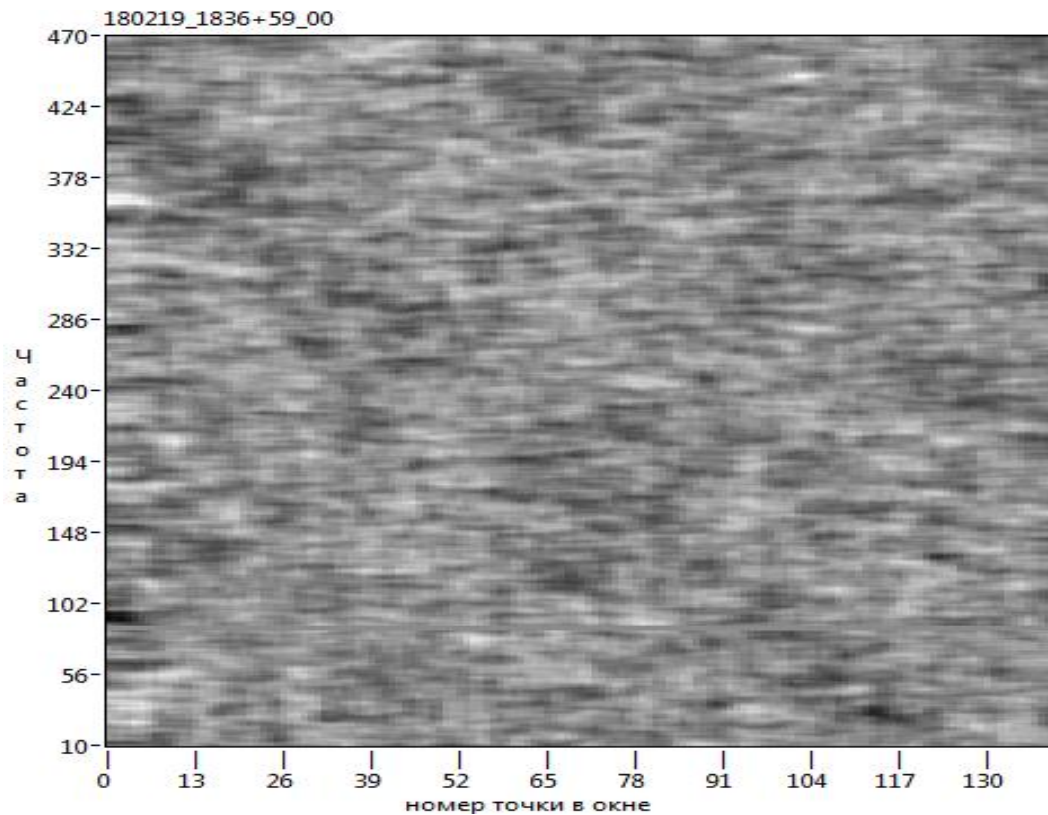
Интегральные профили  
(сумма 3×726 периодов)





**18.02.2019**

Сумма 139 двойных импульсов (из 1089) (~13%), DM=23

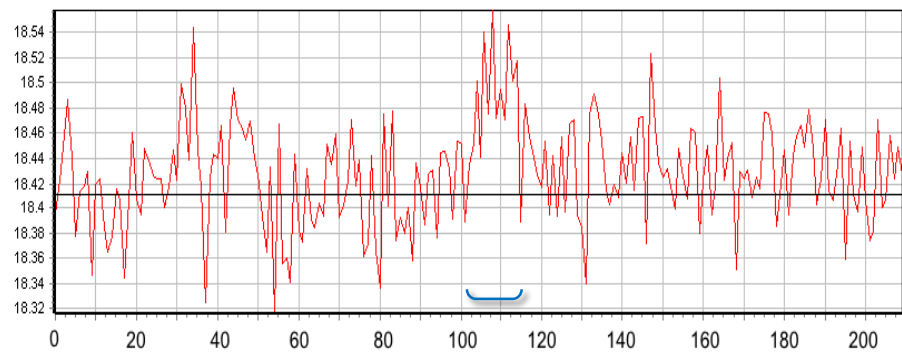


Сумма 139×2 периодов, DM=23

# Примеры селективного суммирования

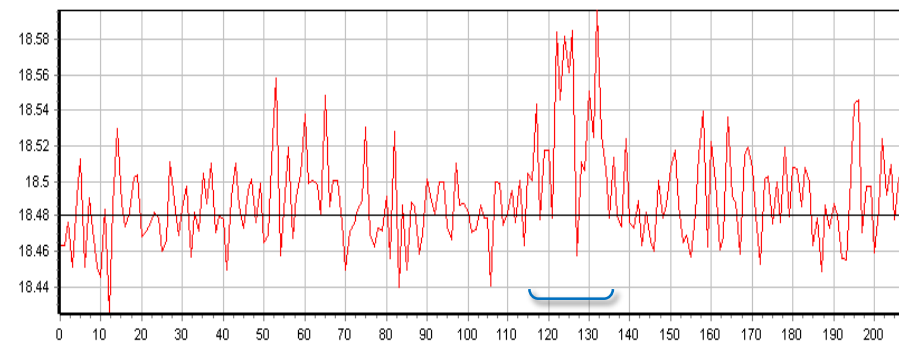
6.02.2021

сумма 86 гр.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 4.5$

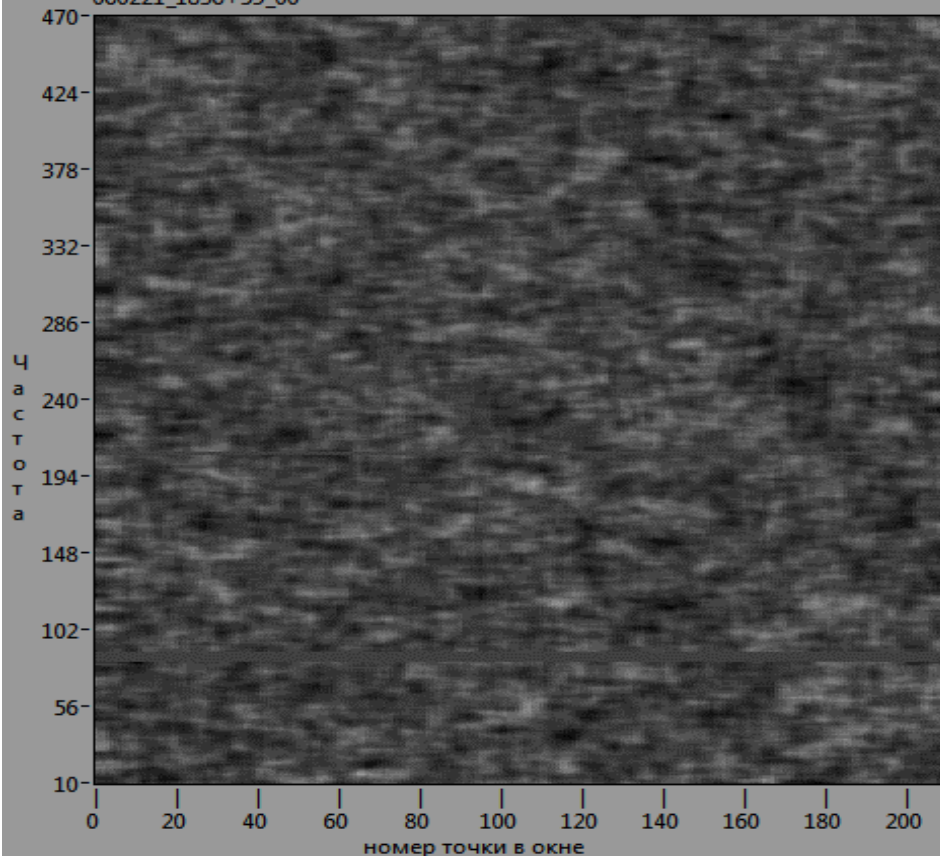


7.03.2021

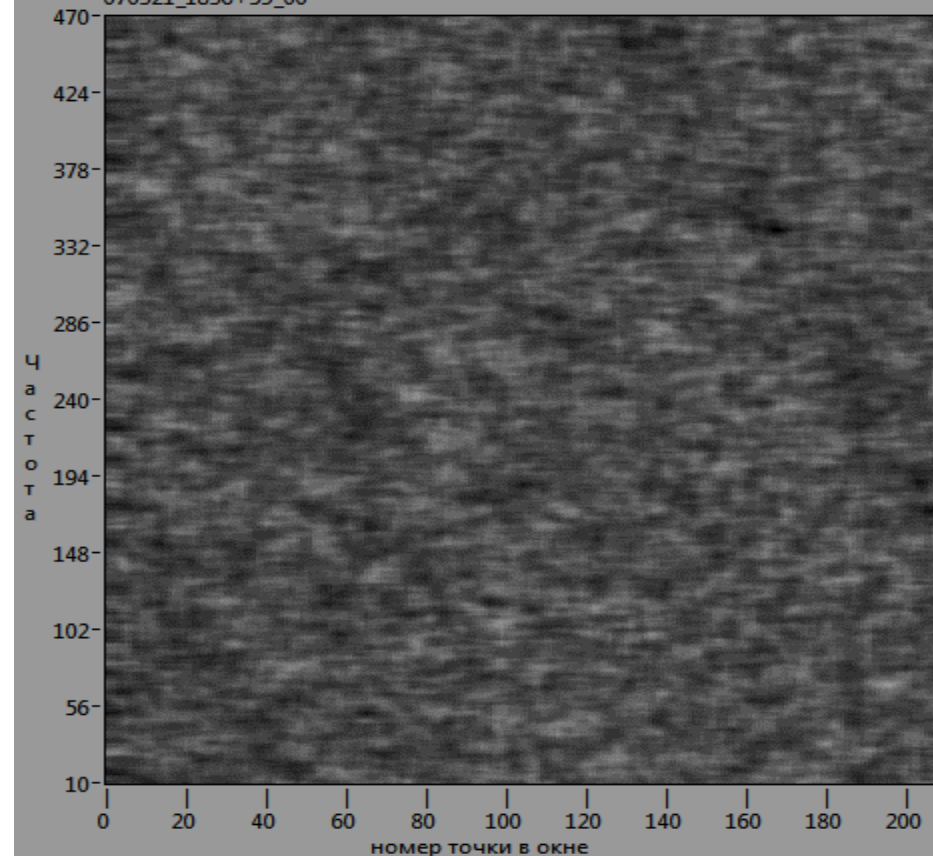
сумма 45 гр.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 5,4$



060221\_1836+59\_00

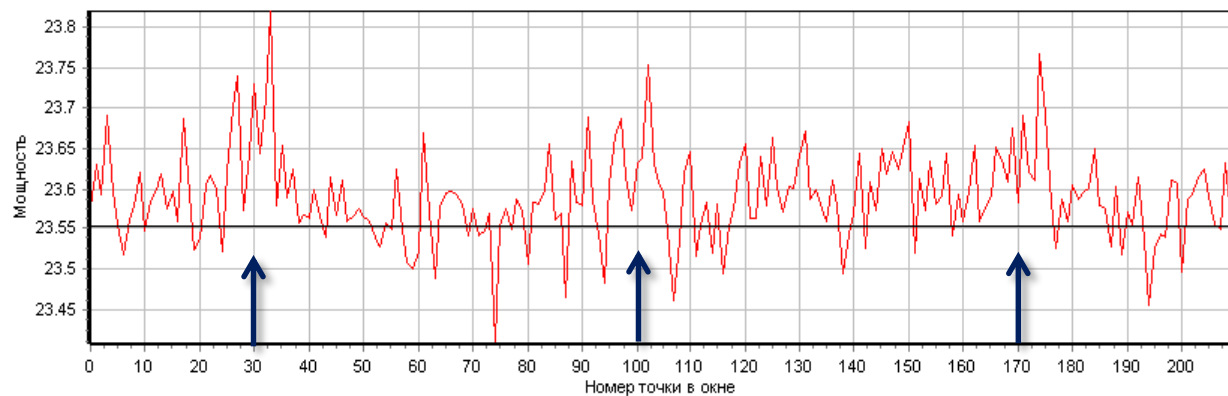


070321\_1836+59\_00



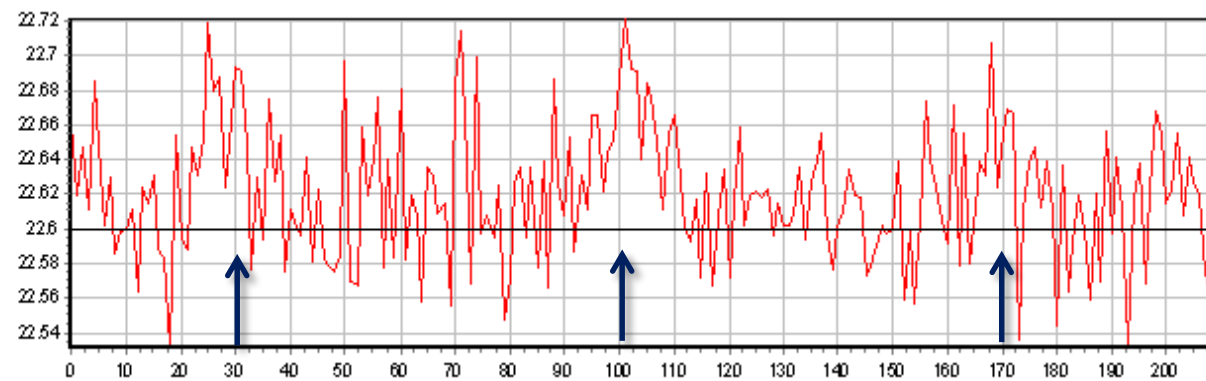
3.03.2021

сумма 45 гр.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 5.5$

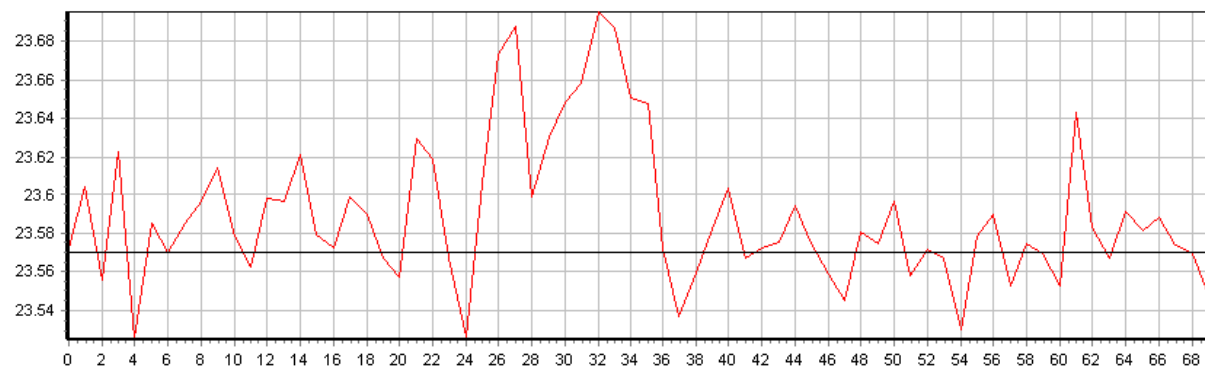


7.02.2021

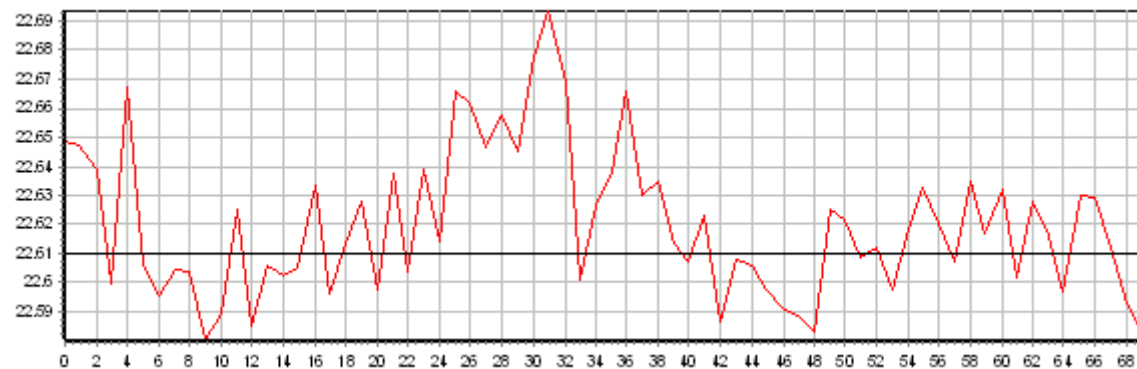
сумма 88 гр.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 4.4$



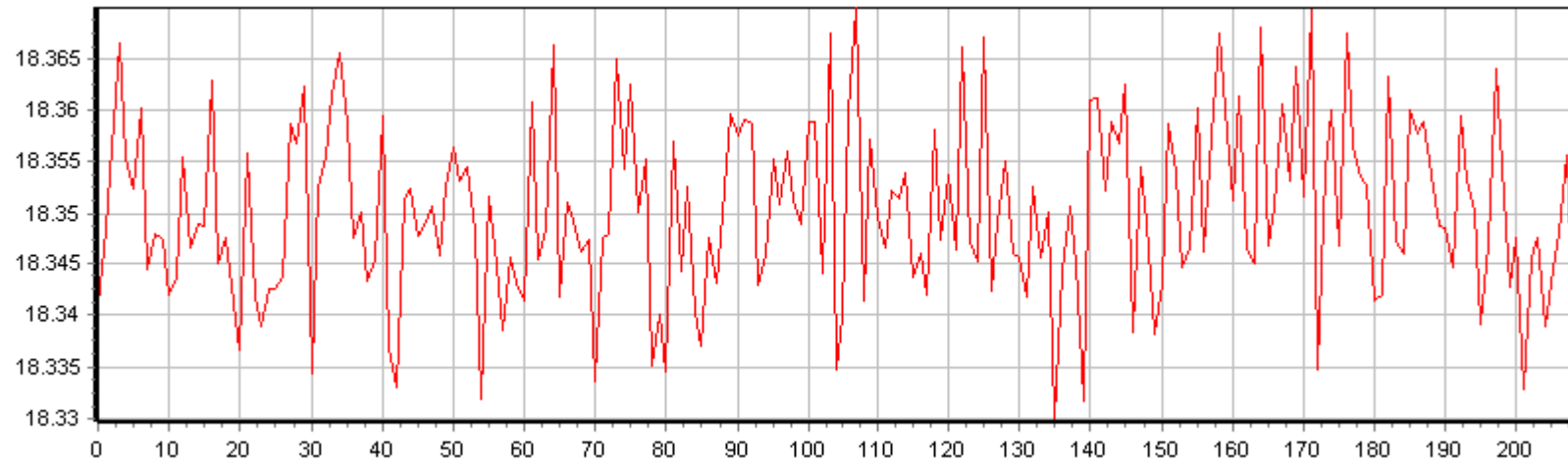
Свертка с одним периодом: сумма  $3 \times 45 = 135$  имп.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 5.7$



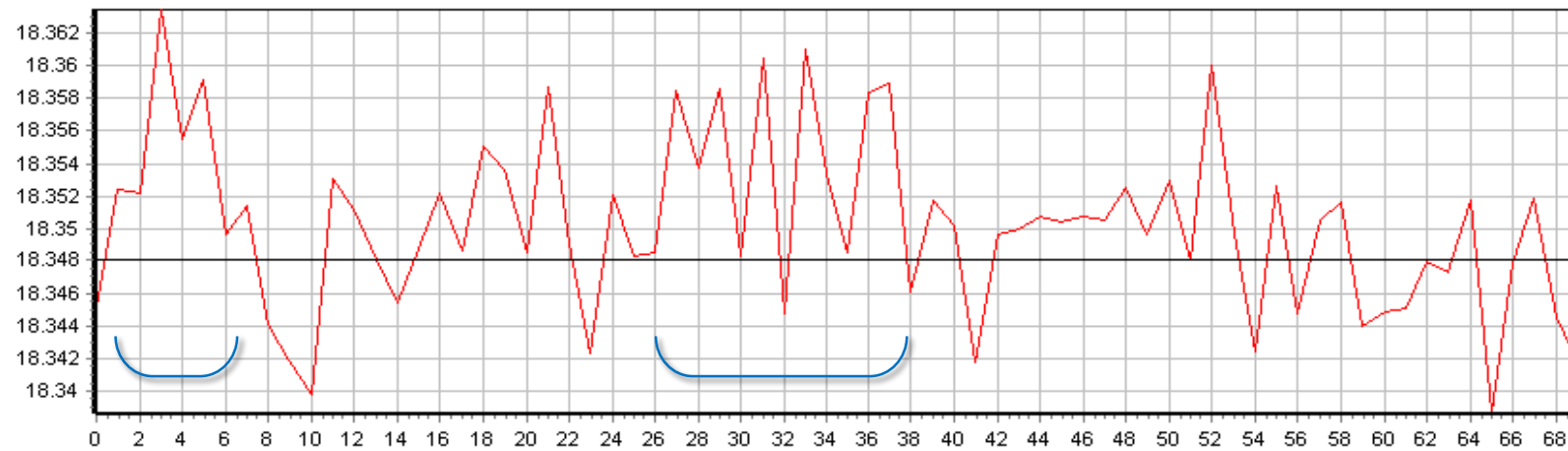
Свертка с одним периодом: сумма  $3 \times 88 = 264$  имп.,  $DM = 23$ ,  $S/N = 5.4$



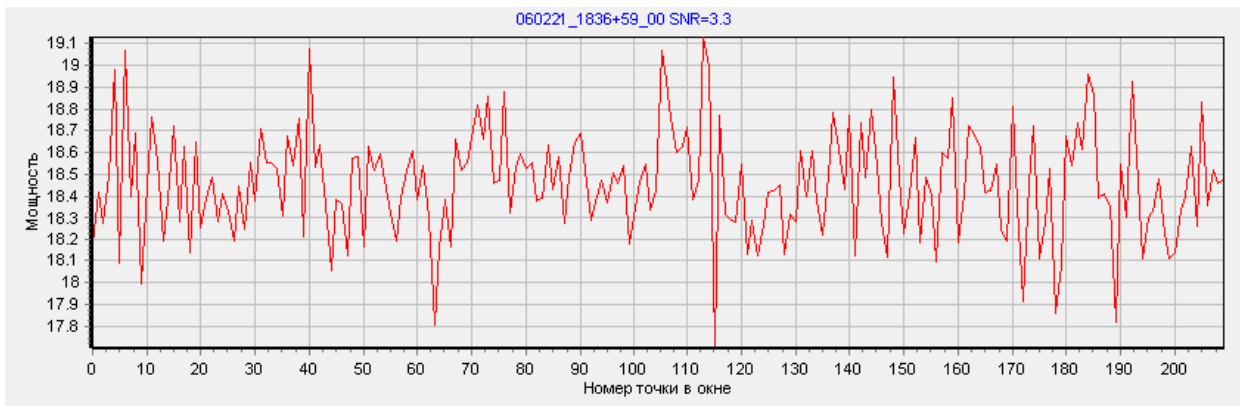
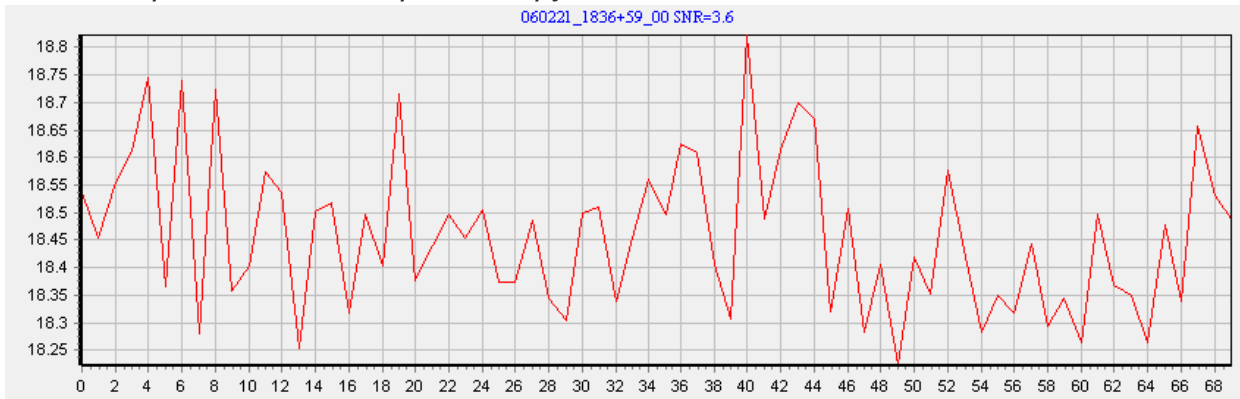
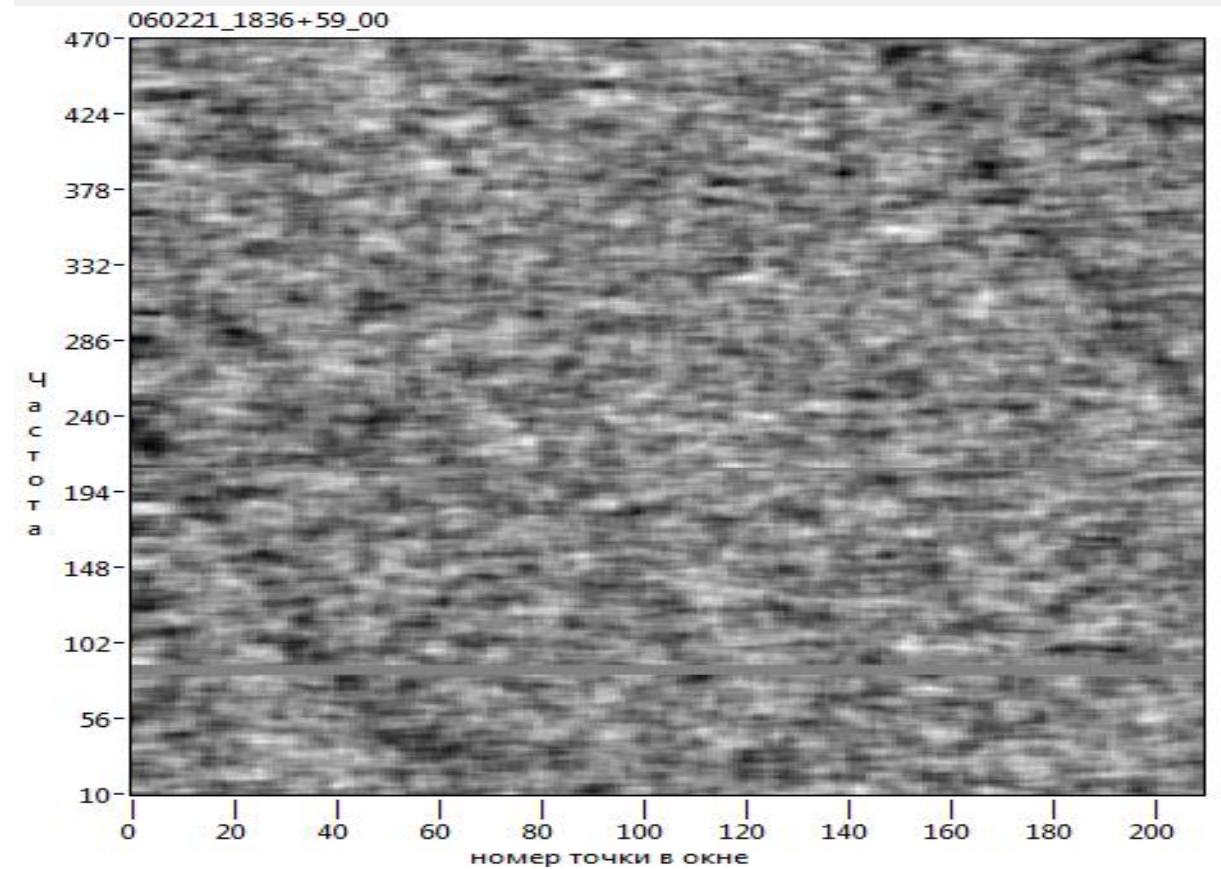
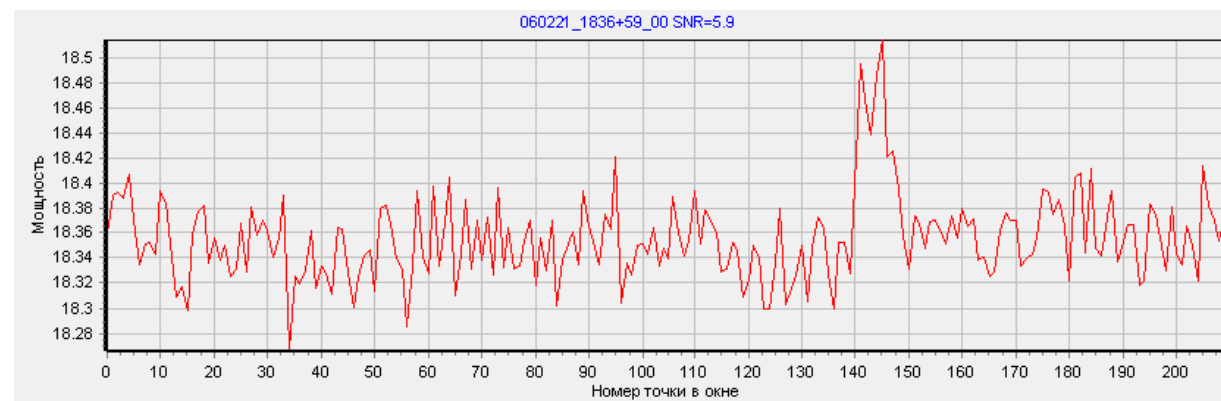
6.02.2021    *сумма 726 гр., DM = 23, S/N = 2.8*



*Свертка с одним периодом: сумма 3×726 имп., DM = 23, S/N = 2.6*



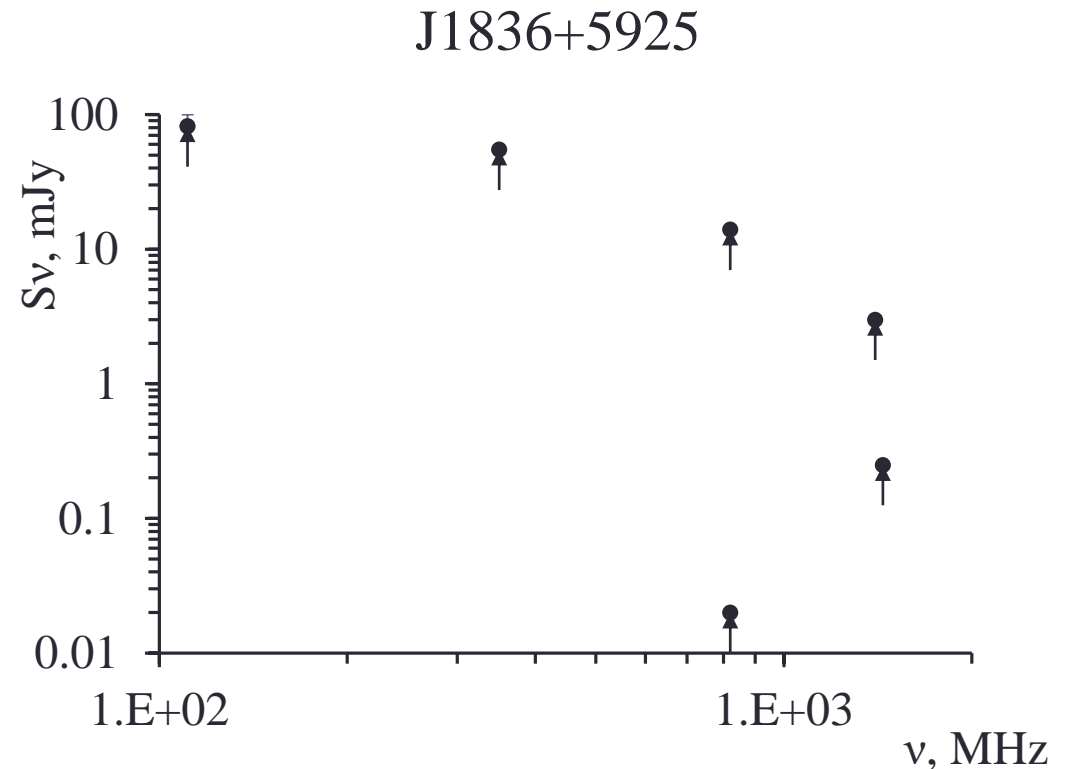
6.02.2021

группа 55,  $DM = 23$ ,  $S/N = 3.3$  с тройным периодомСвертка с одним периодом группа 55,  $DM = 23$ ,  $S/N = 3.5$ сумма 82 гр...,  $DM = 23$ ,  $S/N = 5.9$ 

| Частоты, МГц |     | Плотность потока, мЯн | Ref.                 |
|--------------|-----|-----------------------|----------------------|
| 111          | < = | 100                   | доклад               |
| 350          | <   | 55                    | Abdo et al., 2010    |
| 820          | <   | 14                    | Abdo et al., 2010    |
| 820          | <   | 0.017                 | Halpern et al., 2007 |
| 1400         | <   | 3                     | Abdo et al., 2010    |
| 1400         | <   | 0.25                  | Halpern et al., 2002 |

$$S_{max} = \frac{5 \sqrt{\frac{\tau_0}{\tau_{obs}}} S_0}{\sqrt{N_{total}}} \leq 100 \text{ mJy}$$

$\alpha > 3.5$



# Результаты

1. Обнаружено периодическое, слабое и редкое излучение на частоте 111 МГц.
2. Излучение пульсара J1836+5925 носит нерегулярный характер и проявляется в ~ 10% наблюдений и, в большинстве случаев, только при селекции. Чаще наблюдаются отдельные узкие импульсы.
3. Измерена мера дисперсии  $DM = 23.5 \pm 1$  пк/см<sup>3</sup>.
4. Получен интегральный профиль, состоящий из двух-трех компонент с шириной ~ 9 мсек и расстоянием между компонентами ~ 12 мсек.
5. Индивидуальные импульсы, как правило, узкие (3-8 мсек). Ширина интегрального профиля 20-35 мсек, что составляет от 20 до 35% от периода.
6. Также как и в гамма-диапазоне, в некоторых случаях наблюдается интерпульс на фазе ~0.5 периода. Интерпульс уже чем главный импульс.
7. Пульсар J1836+5925 не наблюдается на высоких частотах, предположительно из-за крутого радиоспектра, либо из-за узкого конуса излучения.



Спасибо за внимание

# Ожидаемые радиопульсары

|       | Name       | P<br>sec | $L_\gamma$<br>$10^{33}$ erg/sec | $R_{lum1400}$<br>mJy kpc <sup>2</sup> | d<br>kpc | $S_{1400}$<br>mJy | $S_{111}^{[1]}$<br>mJy |
|-------|------------|----------|---------------------------------|---------------------------------------|----------|-------------------|------------------------|
| 1     | J0007+7303 | 0.316    | 94.0                            | 8.90                                  | 1.40     | 4.54              | 203                    |
| 2 [2] | J0633+1746 | 0.237    | 31.7                            | 5.35                                  | 0.19     | 148.23            | 6640                   |
| 3     | J1418-6058 | 0.111    | 92.0                            | 8.81                                  | 1.89     | 2.47              | 110                    |
| 4     | J1732-3131 | 0.197    | 8.6                             | 2.91                                  | 0.64     | 7.10              | 318                    |
| 5     | J1809-2332 | 0.147    | 164.0                           | 11.55                                 | 0.88     | 14.91             | 668                    |
| 6     | J2043+2740 | 0.096    | 3.8                             | 1.98                                  | 1.48     | 0.91              | 41                     |
|       | J1836+5917 | 0.173    | 20.4                            | 4.35                                  | 0.50     | 48.38             | 2167                   |

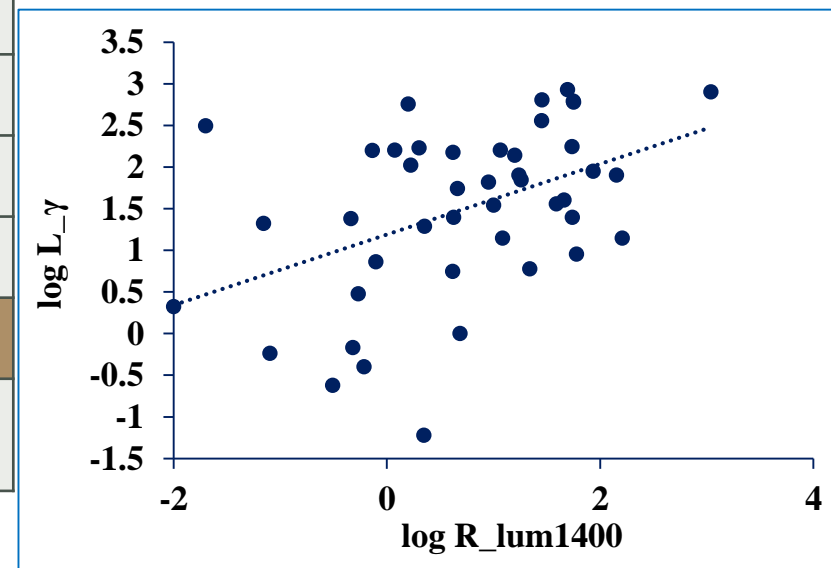
[ 1 ] Malov O. I. & Malofeev V.M., ARep, 54, 210, 2010

[ 2 ] Malov O. I., Malofeev V. M., Teplykh D. A., Logvinenko S. V., ARep., 59, 183, 2015

Критерии поиска:

$$\frac{dE}{dt} > 3 \times 10^{34} \text{ erg/sec}$$

$$B_{lc} > 3 \cdot 10^3 \text{ G}$$



$$\log R_{lum1400} = 0.47 \log L_\gamma + 0.03$$

$$S_{1400} = \frac{R_{lum1400}}{d^2}$$

$$S_\nu = S_0 \times \nu^{-\alpha}, \alpha = 1,5$$

$$S_{111} = 44.8 \times S_{1400}$$

$$\log L_\gamma = 0.42 \log R_{lum1400} + 1.19$$

$$K = 0.5$$