

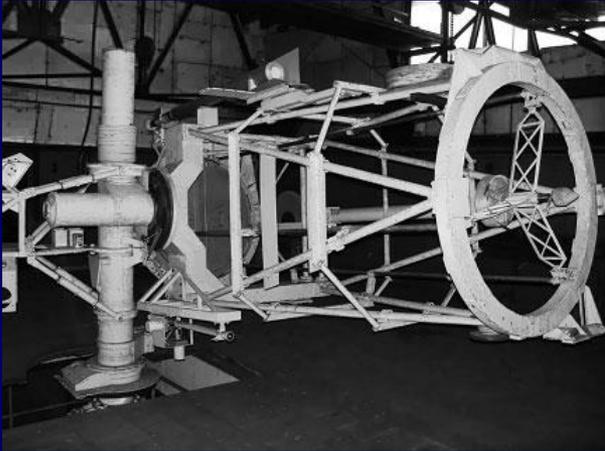
# АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТЕЛЕСКОПЕ «САТУРН». ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Бикулова Д. А., Ершова А. П., Измайлов И. С., Ховричев М. Ю., Рощина Е. А.,  
Оськина К. И., Баляев И. А., Шумилов А. А., Петюр В.В.,  
Максимова Л. А., Апетян А. А., Куликова А.М.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ



**Ноябрь 2012 г.**

1 м зеркальный стратосферный солнечный телескоп «Сатурн» передан ЛАЗА

**Октябрь 2014 г.**

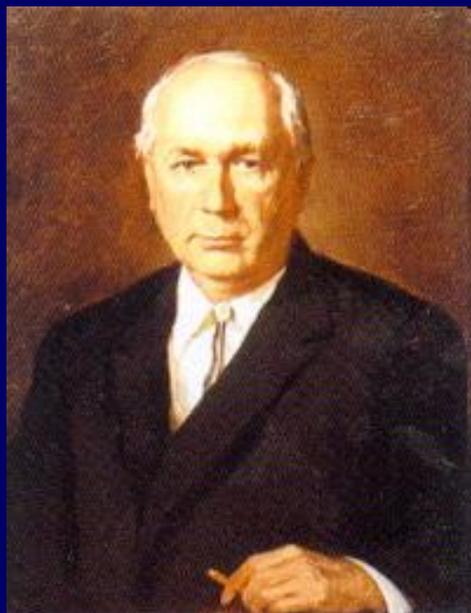
завершен I этап восстановления и модернизации

**Январь 2015 г.**

пробные наблюдения:  
калибровочные (звезды URAT1)  
быстрых звезд низкой светимости  
далеких спутников Юпитера

**Цель:** определение пригодности инструмента  
для астрометрических задач

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ИСТОРИЯ



*Крат  
Владимир Алексеевич  
(1911 - 1983)  
член-корр. АН СССР,  
директор (1964 - 1979)  
ГАО АН СССР*

1961 г.

инициирован проект стратосферной солнечной  
станции

**Изготовитель:**  
Казанский оптико-механический завод



*Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ИСТОРИЯ

Система Ричи-Кретьена

Диаметр зеркала – 0,5 м

Фокус 120 м

Высота подъема станции – 20 км  
(автоматический аэростат)

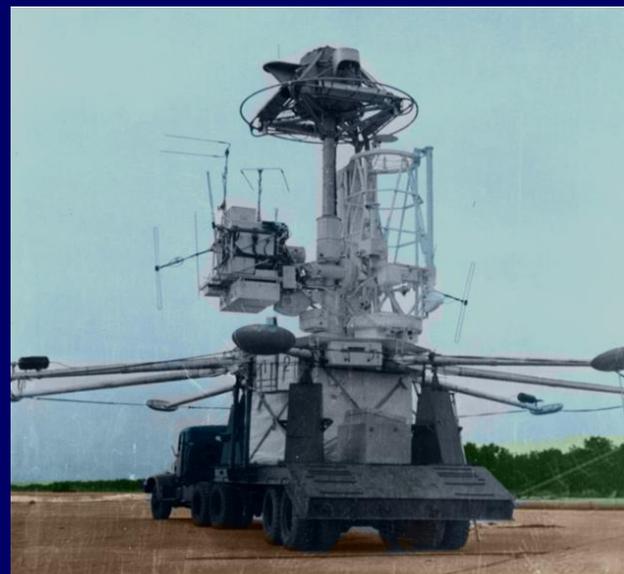
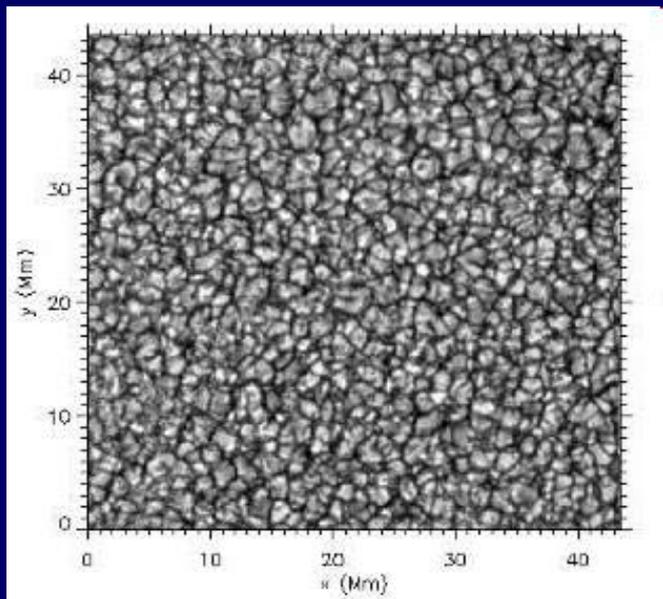
Вес станции более 7,5 тонн



# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ИСТОРИЯ

1966 г. и 1967 г.  
успешные полеты станции

30 июля 1970 г.  
третий полет после существенной  
доработки под руководством  
В. М.Соболева



1973 г.  
четвёртый полет с зеркалом 1 м.  
получены снимки Солнца с разрешением,  
близким к теоретическому (0,12")

1986 г.  
телескоп установлен в Пулково под  
руководством д.ф.-м.н. Л.Д. Парфиненко

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». МОДЕРНИЗАЦИЯ

2012- 2014 гг.

Установка шаговых двигателей на приводы движения по осям



Монтаж гида (объектив «ТАИР» + камера Canon 60 d)



Балансировка телескопа

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». МОДЕРНИЗАЦИЯ

2012- 2014 гг.

Демонтаж вторичного зеркала



*ПЗС S2C 1046 x 1160 px производства «Силар»*

Изготовление и монтаж макета держателя фокусера и камеры для  
установки в прямом фокусе

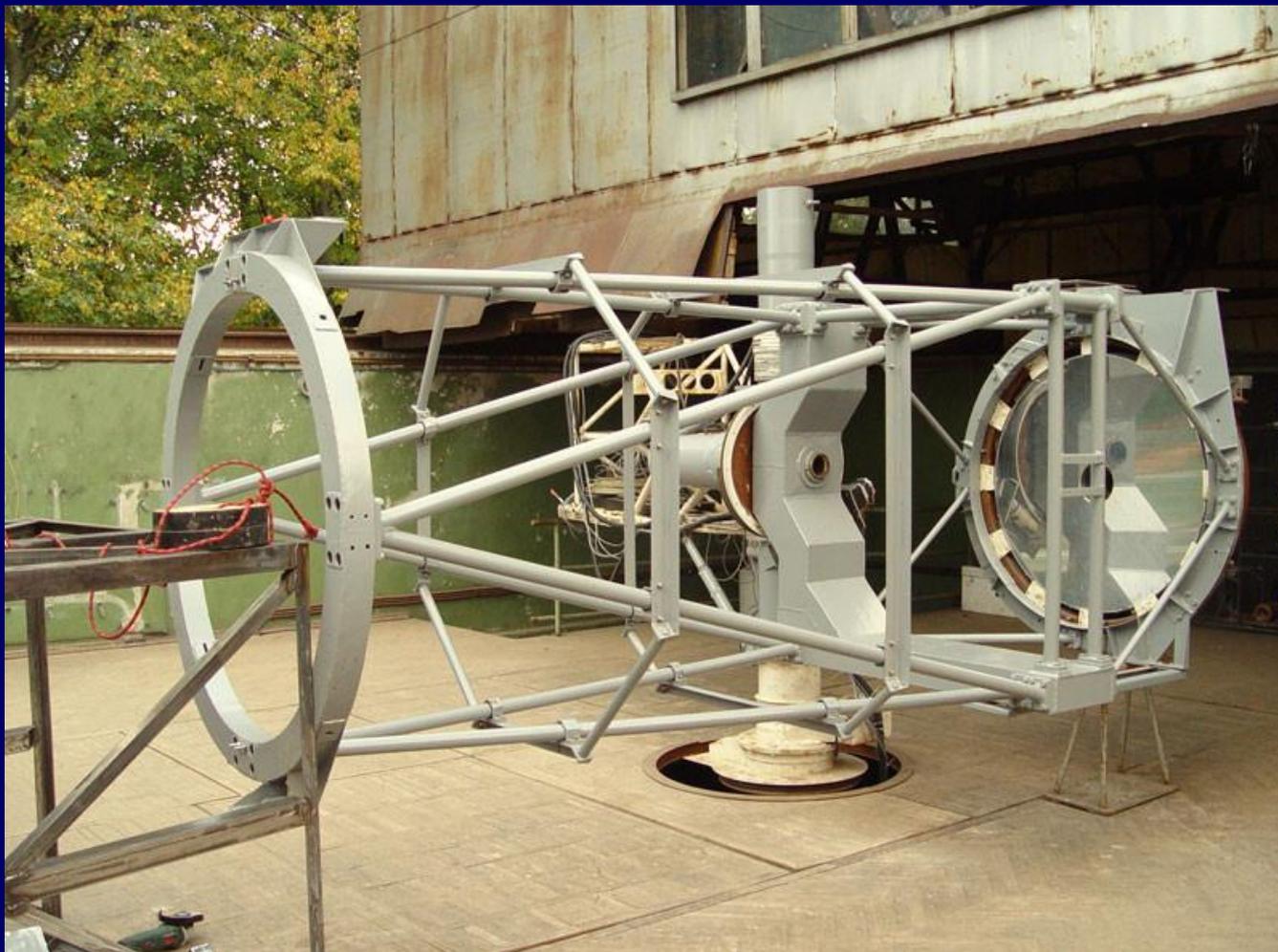
Модернизация фокусера Крейфорда



Разработка ПО для осуществления управления, гидирования и  
фокусировки

*Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». МОДЕРНИЗАЦИЯ



Телескоп Сатурн в процессе замены держателя фокусера,  
20 сентября 2015 г.

*Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». УПРАВЛЕНИЕ

Stop

IzmCam

Экспозиция 1 Число кадров 10 Снять

Объект Default Наблюдатель Izmailov Стоп

Температура стабилизации -30 Отправить Tst

CCD=13108 H=13108

avtsat

Движение

Вверх  Влево  Вправо  Вниз

Дробление

1/16  1/4  1/2  1

Пуск Стоп

Частота 1500 Разгон за 10 сек.

Цель

RA DEC 2000 02h 26m 14.102s +18d 54' 18.957"

Поетор 02h 26m 14.102s +18d 54' 18.957"

RA DEC EPH 02h 27m 05.632s +18d 58' 26.329"

Азимут, Высота 106d 07' 05.690" +12d 37' 04.306"

Установить Стоп

Факт. положение

Звезд. Время 08:57:15

RA DEC 2000 06h 11m 48.411s +41d 21' 10.200"

Поетор 06h 11m 48.411s +41d 21' 10.200"

RA DEC EPH 06h 12m 53.796s +41d 20' 53.587"

Азимут, Высота 72d 25' 40.589" +58d 49' 56.266"

Задать Азимут и Высоту

test Задать t1 t2 t3

Начать Вести Стоп

Получ. коорд. с ГИДА Получ. коорд. с гл. фок.

Сдвигатель Фокусировка

Настройки

Поиск в гиде  Не использ. гл. фок. при навед.

Поиск в гл. фок. Попр. 0 Долг. 2.021666666 Шир. 59.77044166

Число шагов на 1 угл. секун.

Азим. 36.42367 Выс. 36.30507

Клбр. Азим. Клбр. Выс.

Люфты число шагов

Азим. 42254 Выс. 34883

Клбр. Азим. Клбр. Выс.

Базовая Фактическая

Скор. по Азим. -550 -0613.423

Скор. по Выс. 550 -0263.985

Применить

Точность наведения

по гиду 400 в глав. фокусе 100

Центр кам. глав. фокуса в гиде

X 0 Y 0 New 0 0 CP

Ст-с навед. Ст-с движ. Перем.

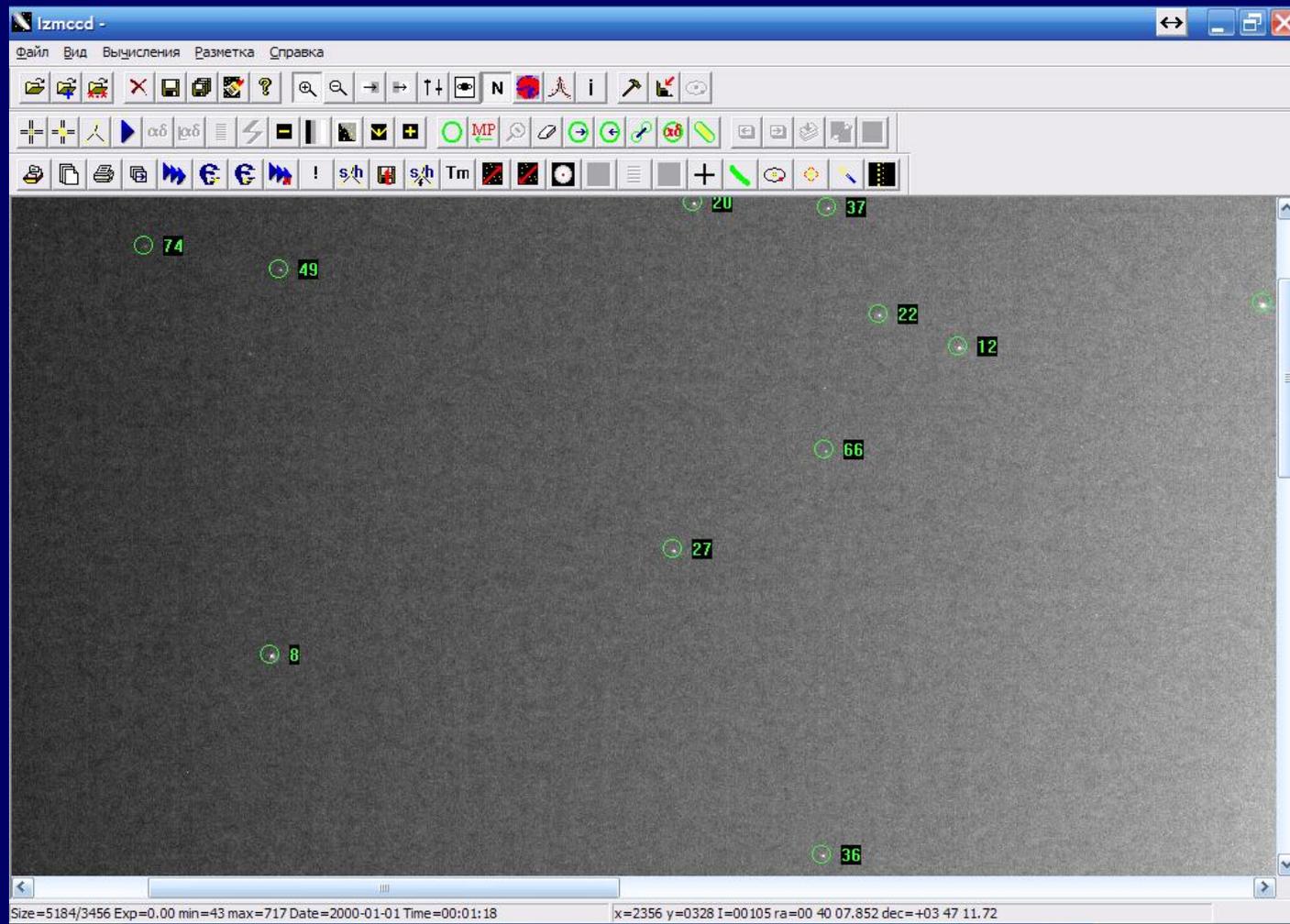


к.ф.-м.н И. С. Измаилов  
СНС ЛАЗА

Интерфейс программы управления телескопом

Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». УПРАВЛЕНИЕ



Кадр с гидирующей камеры

*Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». НАБЛЮДЕНИЯ

**Январь 2015.**

начало регулярных наблюдений:

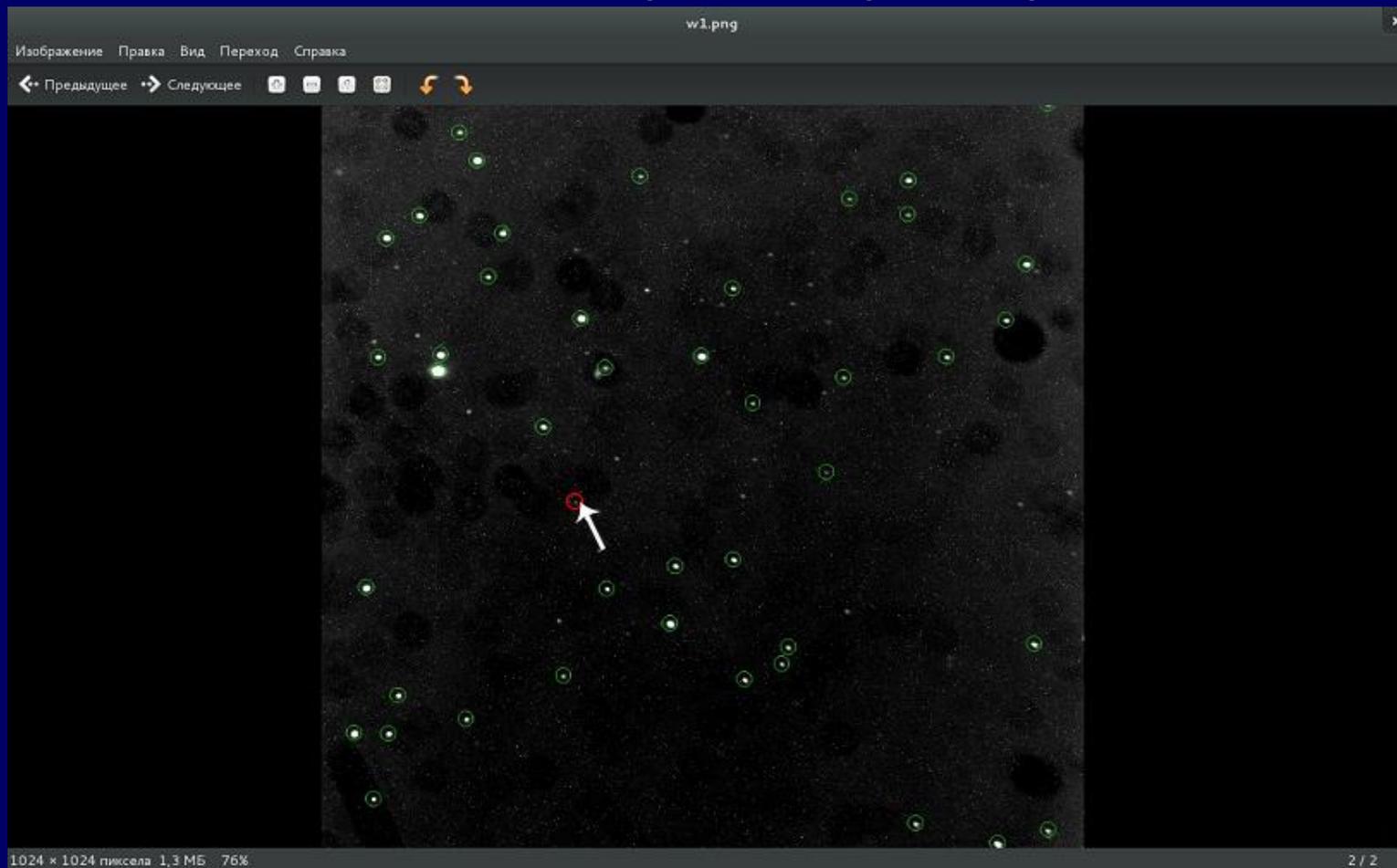
калибровочные (звезды URAT1)  
быстрые звезды низкой светимости  
далекие спутники Юпитера



*15 февраля 2015 г.  
Наблюдатель – Баляев И.А.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения далеких спутников Юпитера –  
Гималии, Эллары, Пасифе и Карме

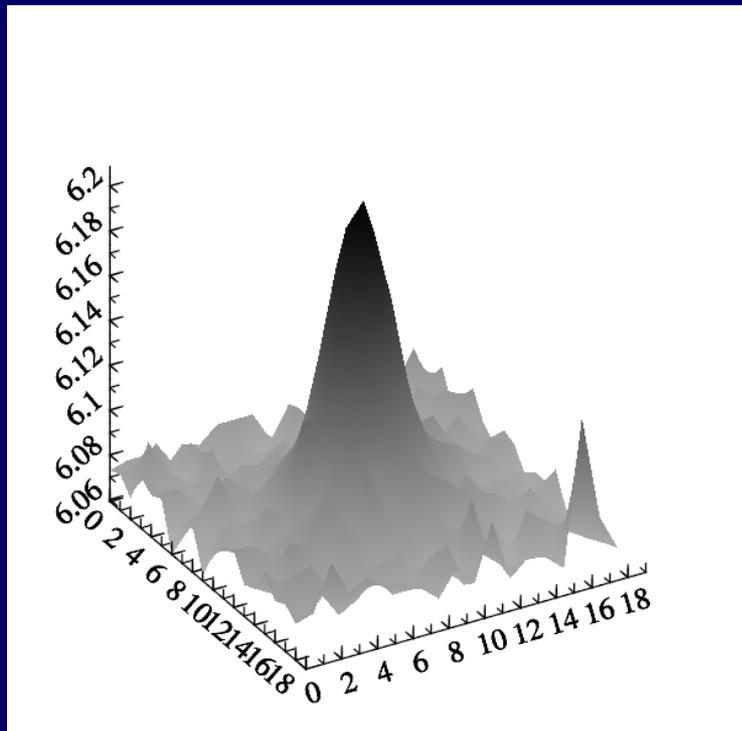


ПЗС-кадр с изображением Карме ( $18.5^m$ ), экспозиция 30с

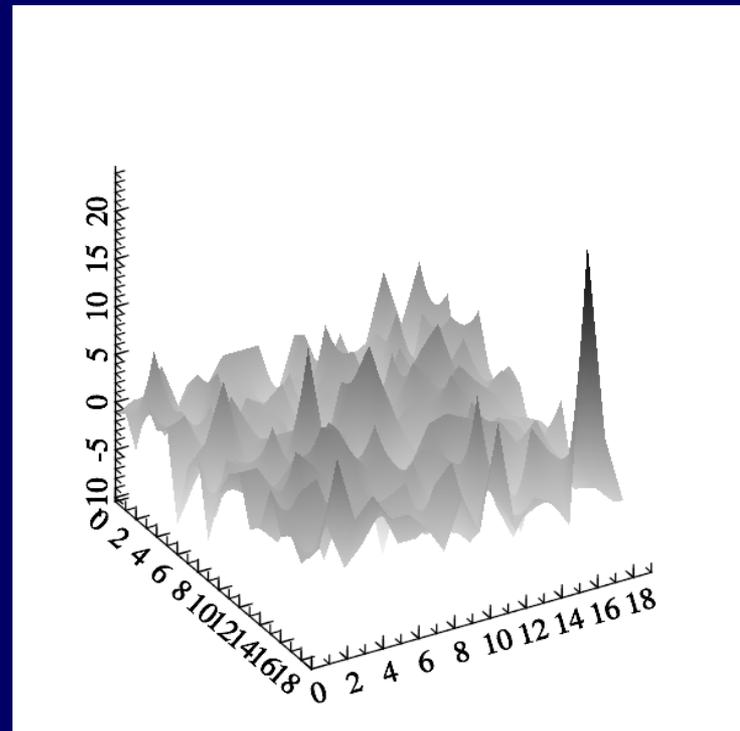
*Всероссийская астрометрическая конференция  
«Пулково - 2015», 21 - 25 сентября 2015 г.*

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ОБРАБОТКА КАДРОВ

Координаты центров изображений звезд и объектов определялись при помощи shapelet-разложения:



Распределение интенсивностей исходного изображения Пасифе (отсчеты по вертикали приведены в логарифмической шкале)



Результат вычитания модельного изображения, полученного путем использования shapelet-разложения исходного изображения

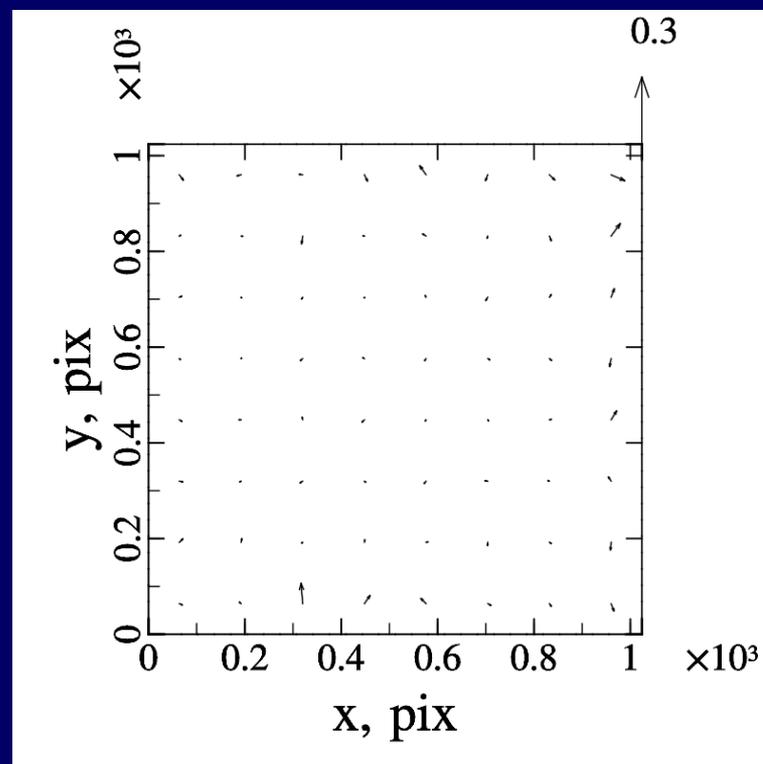
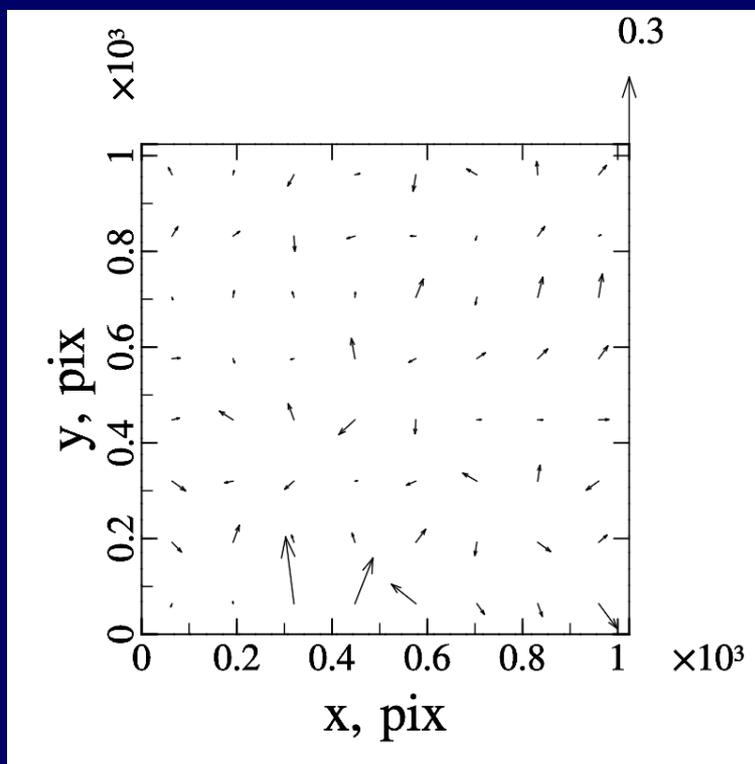
# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». КАЛИБРОВКА

Фокусное расстояние – 4012 мм

Масштаб – 0.824 "/px

Проницающая сила – 19.5<sup>m</sup>

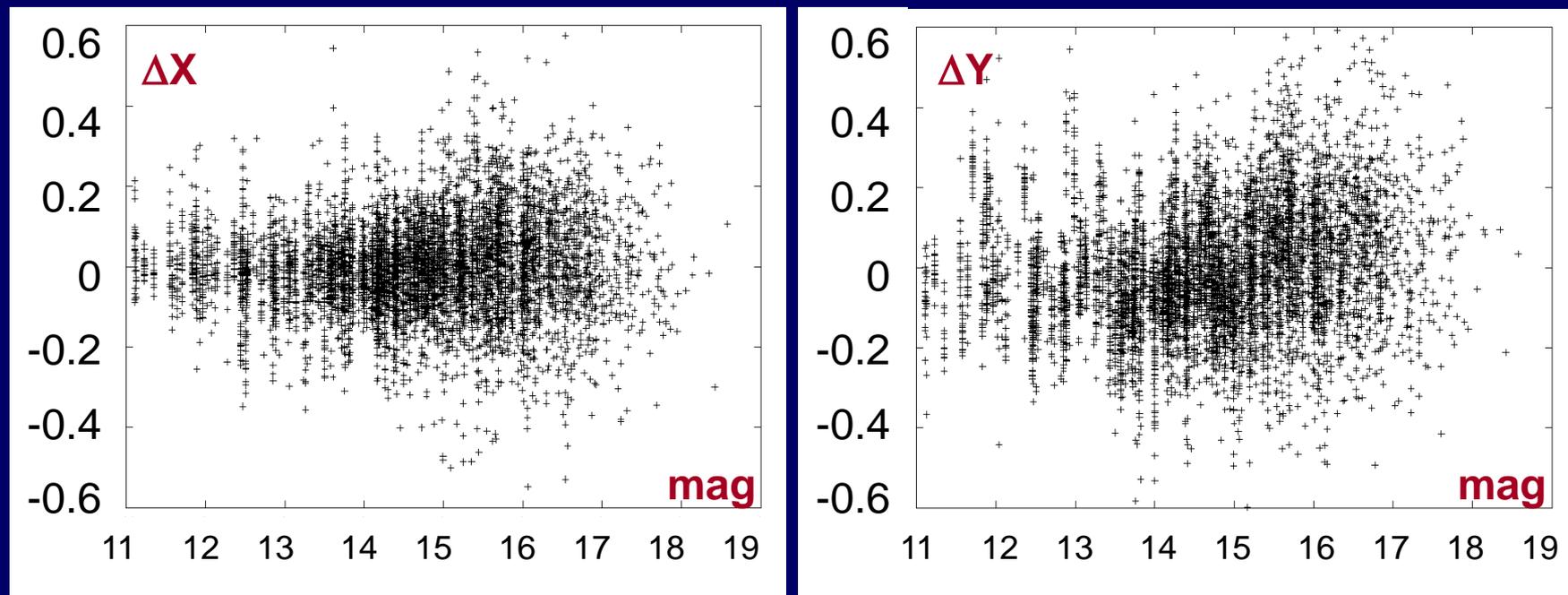
Систематические ошибки ( по звездам каталога URAT1)



Векторные поля остаточных разностей для опорных звезд до и после коррекции

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». УЧЕТ ОШИБОК

Остаточных разностей координат опорных звезд, в пикселях:



Зависимость остаточных разностей пиксельных координат звезд из каталога URAT1 от звездной величины. Заметен тренд в разностях по оси  $Y$

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Пример - положения Гималии, разность с теорией и ошибки среднего

Дата YYYY MM DD	Момент UTC hms	RA h m s	Dec ° ' "	$(O-C)_\alpha$ [mas]	$(O-C)_\delta$ [mas]	$\varepsilon_\alpha$ [mas]	$\varepsilon_\delta$ [mas]
J6 Himalia, 15 <sup>m</sup> .1							
2015 02 10	22 25 44.4	09 18 12.760	17 09 59.62	-172	164	13	9
2015 02 15	23 27 03.2	09 16 10.086	17 20 38.70	13	93	29	41
2015 02 17	22 04 50.9	09 15 23.921	17 24 27.56	-16	7	20	34
2015 03 12	20 56 42.5	09 07 46.992	17 55 11.97	-10	139	16	20
2015 03 16	20 54 04.4	09 06 50.558	17 57 39.57	-4	88	18	13

Внутренняя точность определения координат: 80 — 100 mas

Эфемериды обеспечены сервисом MULTI-SAT.

Теория движения Гималии - Emelyanov N.V. Version 2011-04-17

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ

**ПЗС-наблюдения слабых и быстродвижущихся объектов:**

транзиты экзопланет

космический мусор

объекты пояса Койпера

астероиды, кометы

покрытия звезд астероидами

спутники больших планет слабого блеска (до 19.5m)

быстрые звезды низкой светимости

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ПЕРСПЕКТИВЫ

## Модернизация:

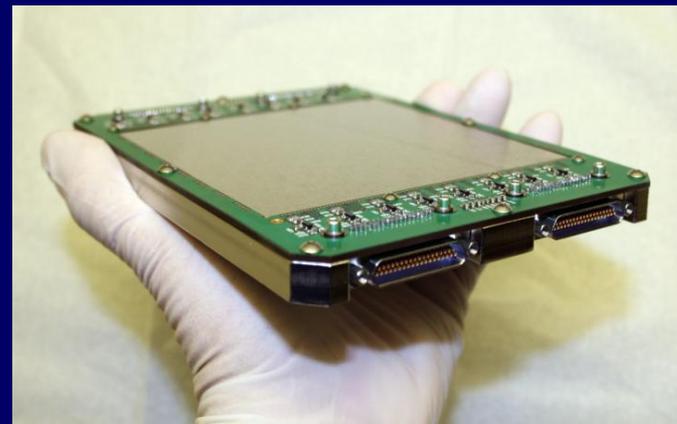
переалюминирование зеркала  
замена ПЗС-матрицы  
установка корректора  
установка ротатора поля  
или

замена монтировки на экваториальную

## Потенциальные возможности:

Быстрые цифровые обзоры  
северного неба

Кинематика небесных тел  
за пределами 20 - 22 звездной величины -  
коричневые карлики, свободно-движущиеся  
планеты etc.



STA 1600

10560 x 10560 пикселей, Размер  
пикселя 9 мкм  
размер сенсора 95 мм  
Динамический диапазон  
> 80 дБ

4 STA 1600  $\Rightarrow$  FOV =  $2.7^\circ \times 2.7^\circ$

# ТЕЛЕСКОП «САТУРН». ВЫВОДЫ

**Телескоп пригоден для позиционных наблюдений  
объектов до 19.5<sup>m</sup>**

**Внутренняя точность определения положений  
объектов 80 – 100 mas**

**Телескоп обеспечен научными задачами и  
имеет перспективы развития**

Получены экваториальные координаты далеких спутников  
Юпитера: Гималии (5 положений), Эллары (4),  
Пасифе (3) и Кармэ (1).

Результаты размещены в Пулковской астрометрической базе  
данных [www.puldb.ru](http://www.puldb.ru)

# Рабочая группа благодарит:

Лабораторию Физики Солнца  
за передачу телескопа

Санкт-Петербургское Астрономо-Геодезическое общество  
за помощь в восстановительно-ремонтных работах

Российский Фонд Фундаментальных Исследований  
за поддержку проекта  
«Астрометрические наблюдения малых тел солнечной системы»  
грант № 12-02-00675а

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**