

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Специальная астрофизическая обсерватория

УДК 520; 523.3; 523.9; 524

Рег. номер 01200960311

УТВЕРЖДАЮ

Директор САО РАН
член-корр. РАН Балегга Ю.Ю.

8 ноября 2010 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**«Выполнение исследований с использованием уникальной установки
инфраструктуры науки - Большого телескопа азимутального (УСУ БТА) с
диаметром зеркала 6 метров»**

Шифр 2009-07-1.8-00-06-173

Государственный контракт № 02.518.11.7177 от 8 июня 2009 г.

4-й этап

Проведение дополнительных исследований, обобщение и оценка результатов
выполненных исследований

(заключительный)

Руководитель работ,

заместитель директора САО РАН

_____ В.В.Власюк

Нижний Архыз

2010

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,

к.ф.-м.н. _____ В.В.Власюк (введение, разд.4,5, заключ)

Исполнители темы

д.ф.-м.н. _____ И.И.Романюк (раздел 1)

рук. СЭК БТА _____ Ю.М.Маметьев (раздел 2)

д.ф.-м.н. _____ В.Л.Афанасьев (разделы 2,3)

к.ф.-м.н. _____ Е.А.Семенко (разделы 2,3)

к.ф.-м.н. _____ Д.И.Макаров (раздел 1)

к.-ф.м.н. _____ А.Ф.Максимов (разделы 2,3)

аспирант _____ А.Ф.Валеев (раздел 1)

аспирант _____ В.В.Дьяченко (разделы 1,3)

аспирант _____ А.С.Москвитин (раздел 1)

аспирант _____ Р.И.Уклеин (раздел 1)

аспирант _____ Д.С.Насонов (раздел 1)

аспирант _____ И.А.Якунин (разделы 1,2)

к.ф.-м.н. _____ С.В.Карпов (раздел 1)

к.ф.-м.н. _____ М.А.Притыченко (разделы 1,2)

к.ф.-м.н.	_____	А.В.Моисеев (разделы 1,2,3)
к.ф.-м.н.	_____	Т.А.Фатхуллин (раздел 1)
к.-ф.м.н.	_____	М.В.Юшкин (разделы 1,2)
к.ф.-м.н.	_____	Е.В.Малоголовец (раздел 1,3)
к.ф.-м.н.	_____	А.А.Смирнова (разделы 1,2)
ст.инженер	_____	Н.А.Фоменко (раздел 2,3)
ст.инженер	_____	А.Л.Теплякова (раздел 1)
к.ф.-м.н.	_____	Д.А.Растегаев (раздел 1,3)
к.т.н.	_____	М.В.Якопов (разделы 1,3)
ст.инженер	_____	А.А.Ломакин (раздел 3)
инженер	_____	С.Ю.Гунько (раздел 1)
лаборант	_____	А.В.Панчук (раздел 2)
Нормоконтролер	_____	Ш.А.Узденова

В выполнении работ приняли участие также следующие молодые специалисты: Зорич И.Н., Кошелева В.А., Леонова С.И., Шатилов А.В., Крупейченко И.А., Ревякина С.Е., Медведев А.С., Черный О.Г., Перепелицын А.Е., Митиани Г.Ш., Катков И.Ю., Габдеев М.М., Кичигина Л.А., Смирнова К.И., Кузнецов И.А.

Реферат

Отчет 46 с., 22 рис., 1 прил.

АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОПТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ, СВЕТОПРИЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЗВЕЗДЫ, ГАЛАКТИКИ, КВАЗАРЫ, АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Оптический телескоп БТА, обладающий зеркалом с диаметром 6 метров, является самой мощной установкой в стране, предназначенной для всестороннего изучения объектов нашей Вселенной – звезд, галактик и квазаров. Цель работы — подготовка и проведение наблюдений астрофизических объектов методами оптической наземной астрономии, развитие методики исследований этих объектов, научно-методическое и приборное оснащение этих работ, развитие приборной базы телескопа БТА.

В рамках проведения НИР выполнен всесторонний анализ деятельности УСУ БТА, определены приоритеты его развития, показан существующий спрос на услуги коллективного пользования, предоставляемые УСУ БТА.

В процессе работы выполнялись астрофизические исследования звезд нашей Галактики, активных ядер галактик и других внегалактических объектов методами наземной оптической астрономии – фотометрии и спектроскопии низкого разрешения, спектроскопии высокого разрешения, фотометрии высокого временного и углового разрешения, выполнялось исследование характеристик телескопа, развивалась инструментальная база комплекса БТА.

В результате выполненных работ были получены новые данные об уникальной галактике с кольцевой структурой, характере движения вещества в дисковых галактиках и карликовых галактиках, изучены спектральные характеристики новых звезд нашей Галактики и звезд в других галактиках, показаны результаты внедрения принципиально новых детекторов излучения на УСУ БТА.

В результате проведенной методической работы осуществлена модернизация наблюдательных комплексов, проведено их тестирование и аттестация, начата плановая эксплуатация.

Эффективность выполненных работ определяется высокими точностными характеристиками изготовленного и используемого в астрофизическом эксперименте оборудования. Разработанная методика создания детекторов излучения может быть применена в смежных областях фундаментальных и прикладных наук.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		6
1	Проведение плановых наблюдений на телескопе БТА.	7
2	Поставка оборудования, проведение пуско-наладочных работ.	17
3	Тестирование и аттестация модернизированных и создаваемых методов наблюдений	24
4	Подготовка плана работы УСУ на 2011 год.	32
5	Привлечение аспирантов и студентов к НИР на оборудовании УСУ	35
6	Обобщение и оценка результатов исследований на УСУ БТА	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		39
ПРИЛОЖЕНИЕ А.		41

ВВЕДЕНИЕ

Оптический телескоп БТА (Большой телескоп Альт-азимутальный) с главным 6-метровым зеркалом остается основным инструментом – поставщиком наблюдательных данных в области наземной астрономии в России. Несмотря на возрастающую мощь наземных телескопов в мире телескоп БТА, замыкая первую десятку телескопов мира, остается привлекательным инструментом для российских ученых, специалистов стран СНГ и дальнего зарубежья. Это обусловлено как уникальным географическим положением – большинство крупных инструментов сосредоточено в Западном полушарии, так и наличием ряда уникальных астрофизических методов.

В целом работу комплекса телескопа обеспечивают около 100 сотрудников САО РАН – как научных работников, так и инженеров, рабочих, вспомогательного персонала. Выполнение работ по государственным контрактам с Агентством по науке и инновациям позволяют успешно решать эксплуатационные проблемы телескопа, задачи снабжения его текущей деятельности, своевременно обновлять инструментальный парк научного оборудования.

Цель работы, проводимой по контракту - обеспечение деятельности телескопа БТА, внесенного в реестр уникальных установок России под №01-43, включающее в себя как непосредственное проведение астрофизических исследований по научным программам, утверждаемым национальным программным комитетом, так и обеспечение текущего ремонта узлов и систем телескопа, развитие навесной аппаратуры, обеспечение возможностей доступа к возможностям телескопа.

Основные результаты проводимых по контракту научных исследований в настоящем отчете представлены в соответствии с содержанием работ.

Актуальность работ, проводимых по контракту. В области фундаментальных исследований наблюдательная астрофизика обеспечивает получение новейших знаний о происхождении и эволюции объектов Вселенной. Этот вопрос является самым важным в естествознании. Результаты астрофизических исследований, полученных сегодня, составят основу для развития физических наук человечества в XXI веке.

Новизна работы. Результаты научных исследований получены из оригинальных наблюдательных данных как на телескопах САО, так и на телескопах других обсерваторий.

В отчете приводятся результаты исследований по перечисленным выше темам. Так, в частности, показана текущая ситуация с количеством наблюдательного времени

телескопа, загрузкой его отдельных комплексов, спросом на инструментальные возможности уникальной установки со стороны российских и зарубежных ученых.

Для ряда астрофизических исследований объектов далекого космоса приведены первые результаты, полученные в ходе наблюдений, проведенных на оптическом телескопе БТА в первом полугодии 2010 года.

Изложены результаты, достигнутые в ходе работ по совершенствованию приборной базы уникальной установки, в частности по освоению новых приемников излучения, обладающих улучшенными характеристиками, позволяющими существенно поднять эффективность будущих наблюдений, изготовлению и аттестации нового редуктора светосилы для УСУ БТА, первые результаты внедрения в практику наблюдений новых крупноформатных приемников излучения, оптимизированных для проведения исследований в ближней инфракрасной области спектра..

1 Проведение плановых наблюдений на телескопе БТА.

В промежуточных отчетах о выполнении настоящей НИР по этапам 1-3 приведена отчетная документация о проведении плановых наблюдений на телескопе БТА в предыдущие полугодия, даны результаты анализа работы УСУ БТА в 2008 и 2009 годах, приведены статистические данные о работе телескопа и его научного оборудования, распределении календарного времени между группами заказчиков, подтверждающие востребованность научного оборудования УСУ БТА российским и мировым научным сообществом. Это проиллюстрировано также материалами настоящего Отчета (см., в частности Рис.2 и Рис.3).

В отчетной документации по выполнению настоящей НИР на этапах 1-3 приведены краткие результаты о следующих работах.

В ходе выполнения первого этапа были получены первые результаты исследований эффекта микролинзирования для квазара J1004+1229 с фокальным редуктором SCORPIO по программе заявителя из Сербии Л.Поповича в эмиссионных линиях и непрерывном спектре, обнаружены 2 новые гравитационные линзы - CSWA10 и CSWA107 - по спектральным данным, полученным на УСУ БТА в сотрудничестве с коллегами из Англии, установлены массы и построены модели линзирующей системы, проведены первые спектрополяриметрические наблюдения выборки ядер активных галактических ядер (совместная работа сотрудников САО РАН и ГАО РАН), получены результаты исследования процесса формирования линзовидных галактик в группах – в центре галактики NGC85 обнаружено молодое звездное население (заявитель – О.К.Сильченко, ГАИШ МГУ), открыта самая далекая галактика на красном смещении $z=0.07$, обладающая полярным кольцом (заявитель – N.Brosh, Израиль) и другие.

Во время работ по второму этапу по программе заявителя А. Клыпина (США) получены первые результаты измерений полей скоростей ионизованного газа в близких карликовых галактиках с фокальным редуктором SCORPIO и сканирующим интерферометром Фабри-Перо, получены первые уверенные данные о движении газа и звезд в уникальной галактике – объекте Хоага – опровергающие гипотезу о наличии полярного кольца, подтверждено открытие новой яркой голубой звезды в близкой карликовой галактике DDO68 (заявитель – С.А.Пустильник, САО РАН), проведены наблюдения эволюции интереснейшей двойной системы V838 Mon, указывающие на то, что остаток взрыва красной новой звезды полностью поглотил горячий компонент системы (заявитель – В.П.Горанский, ГАИШ МГУ) и другие.

На третьем этапе были получены первые результаты программы поиска новых гравитационных линз в данных спектрального обзора SDSS по заявке В. Белокурова

(Великобритания), показано, что один объект – CSWA103 является широкой линзированной системой, начато изучение звездной и газовой составляющей дисковых галактик, видимых с ребра (заявка Н.Сотниковой (СПбГУ) и О.Сильченко (ГАИШ МГУ), проведено изучение кандидатов в ярчайшие голубые звезды в ближайшей к нам галактике М33 (заявители - сотрудники САО Валеев, Шолухова и Фабрика), открыта новая яркая голубая звезда в нашей Галактике – MN112, практически звезда-близнец известной уникальной звезды Р Суг (заявитель – С.Н.Фабрика, САО РАН), обнаружена звезда типа Мира Кита в галактике М33 (заявитель – В. Питч (Германия), исследование новой катаклизмической переменной SDSS160450+414329 с фокальным редуктором SCORPIO (заявитель – Н.А. Сахибуллин, Казанский ГУ) позволило обнаружить однопиковые эмиссионные линии, изменяющие интенсивность в 2.2 раза синхронно с изменением интегрального блеска и другие.

1.1 Подведение итогов работы БТА в первом полугодии 2010 г.

Итоги всестороннего анализа деятельности 6-метрового оптического телескопа в первом полугодии 2010 года приведены на рисунках 1-5. На рисунке 1 показано распределение времени работы телескопа в часах по месяцам по данным, представленным ответственными наблюдателями и по данным инженерной службы. Согласно данным службы эксплуатации длительность работы телескопа составила 644 часа, а по данным астрономов-наблюдателей эта цифра равна 522 часам.

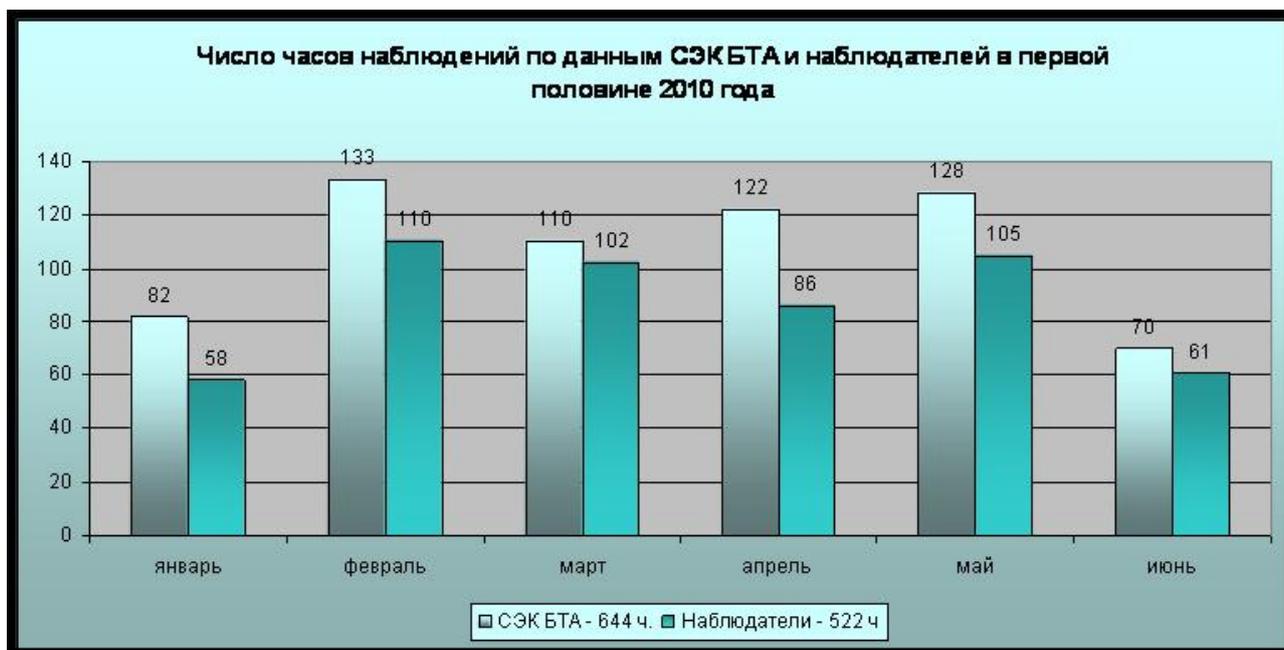


Рисунок 1. Общее количество времени работы УСУ БТА в I полугодии 2010 г.

Анализ графика в сочетании с приведенными цифрами позволяет утверждать, что по погодным условиям начало 2010 года отличается достаточно низким количеством наблюдательного времени. Для сравнения укажем, что в первом полугодии 2009 года аналогичные цифры составляли 798 и 627 часов.

На Рис.2 приведено количество календарных ночей, выделенных для решения астрофизических задач на комплексах светоприемного оборудования телескопа БТА в течение последних четырех полугодий. Остается неизменно высокой популярностью 2-х основных методов наблюдений, ставших штатными в последние годы и разработанных и изготовленных в основном силами сотрудников САО РАН. Это фокальный редуктор «SCORPIO», позволяющий выполнять фотометрические и спектральные исследования предельно слабых и далеких объектов нашей Вселенной (от 60 до 80 ночей каждый семестр), а также ультрафиолетовый спектрометр НЭС для изучения спектров звезд с высоким спектральным разрешением, обладающий большим коллимированным пучком (более 30 ночей каждое полугодие).

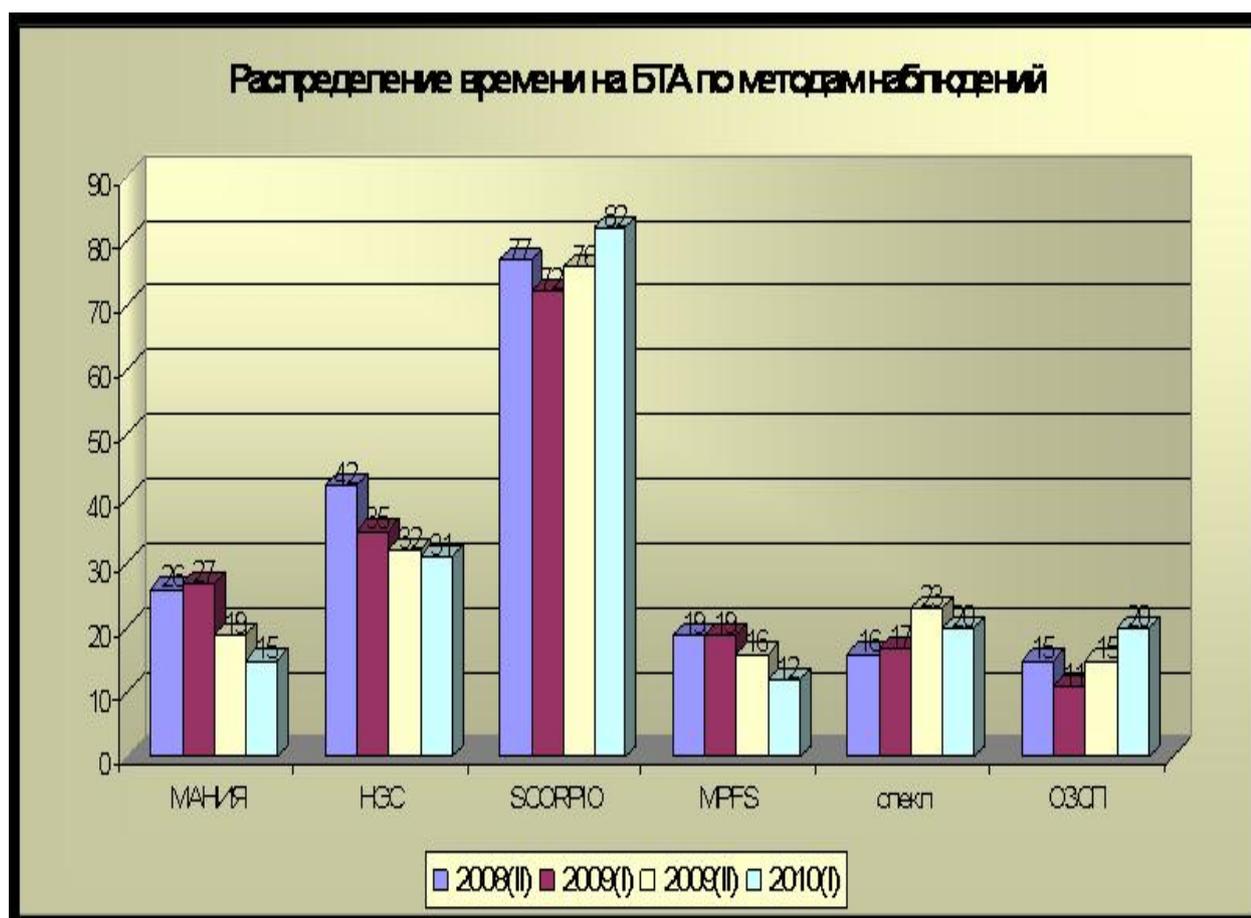


Рисунок 2. Распределение наблюдательного времени между методами наблюдений в 2008-2010 гг.

Около 20 ночей каждое полугодие выделяется для исследований с такими приборами, как комплекс исследования переменности МАНИЯ, мультизрчковый растровый спектрограф, основной звездный спектрограф, спекл-интерферометр.

На следующем рисунке дано распределение выделенного времени работы БТА по группам заявителей – сотрудники САО, сотрудники других российских институтов и учреждений, сотрудники учреждений стран СНГ и стран дальнего зарубежья.

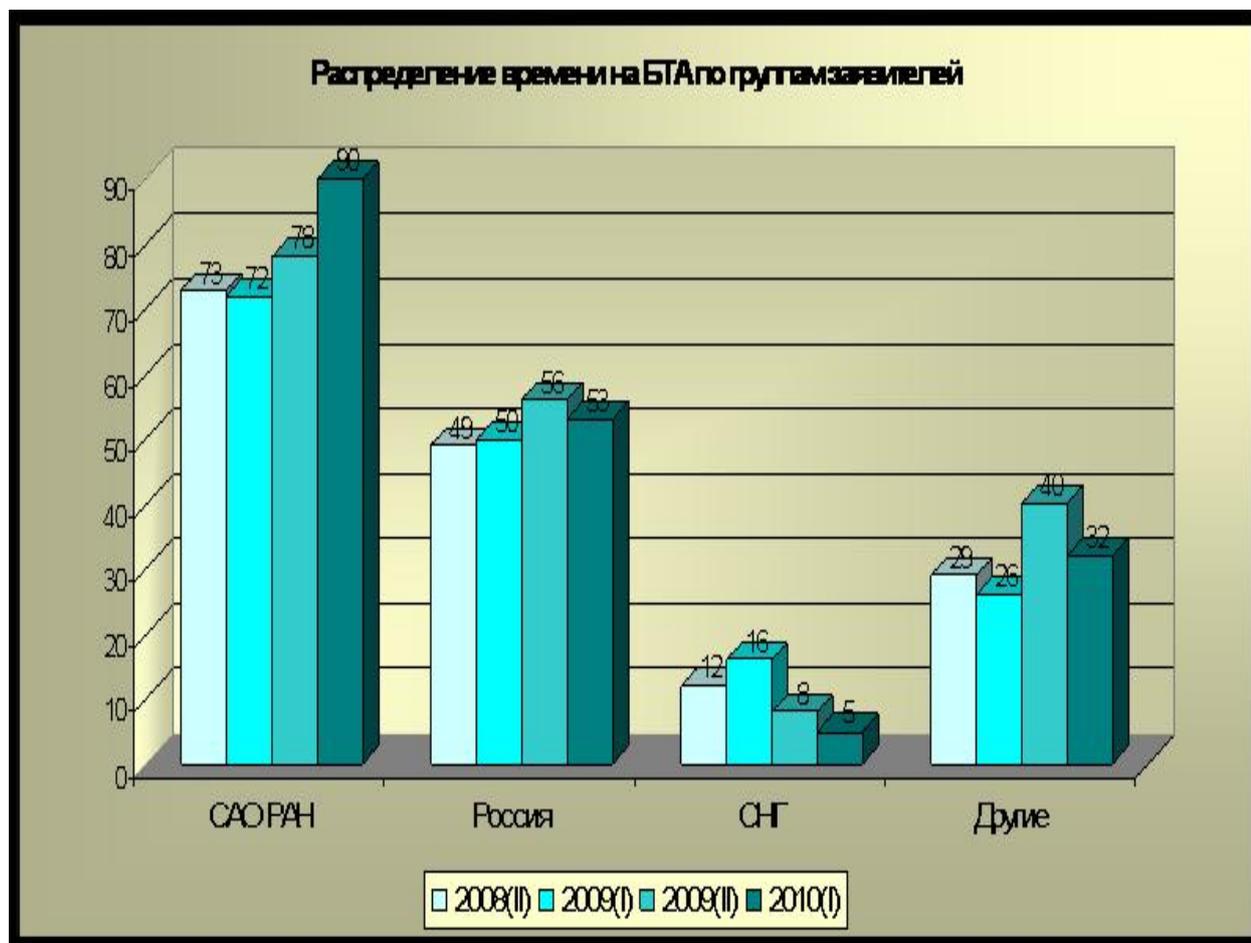


Рисунок 3. Распределение календарного времени между группами заявителей – САО РАН, Россия, страны СНГ и дальнего зарубежья в 2008-2010 гг.

Сравнение результатов с данными более ранних лет показывает примерное сохранение пропорций при увеличении общего количества пользователей инструмента. Можно отметить, что налицо заметный интерес к возможностям телескопа представляют ученые из стран дальнего зарубежья – на их долю в этом полугодии приходится 32% всего выделенного времени.

Анализ Рис. 4 демонстрирует тот факт, что в последние годы наиболее популярными являются наблюдательные программы, на которые выделяется 2-4 ночи. Эта тенденция достаточно устойчива на протяжении последних 5-7 лет. Отметим также тот

факт, что количество программ, для которых выделялась только одна ночь, неуклонно уменьшается, а количество программ, где было выделено 3 ночи – демонстрирует рост.

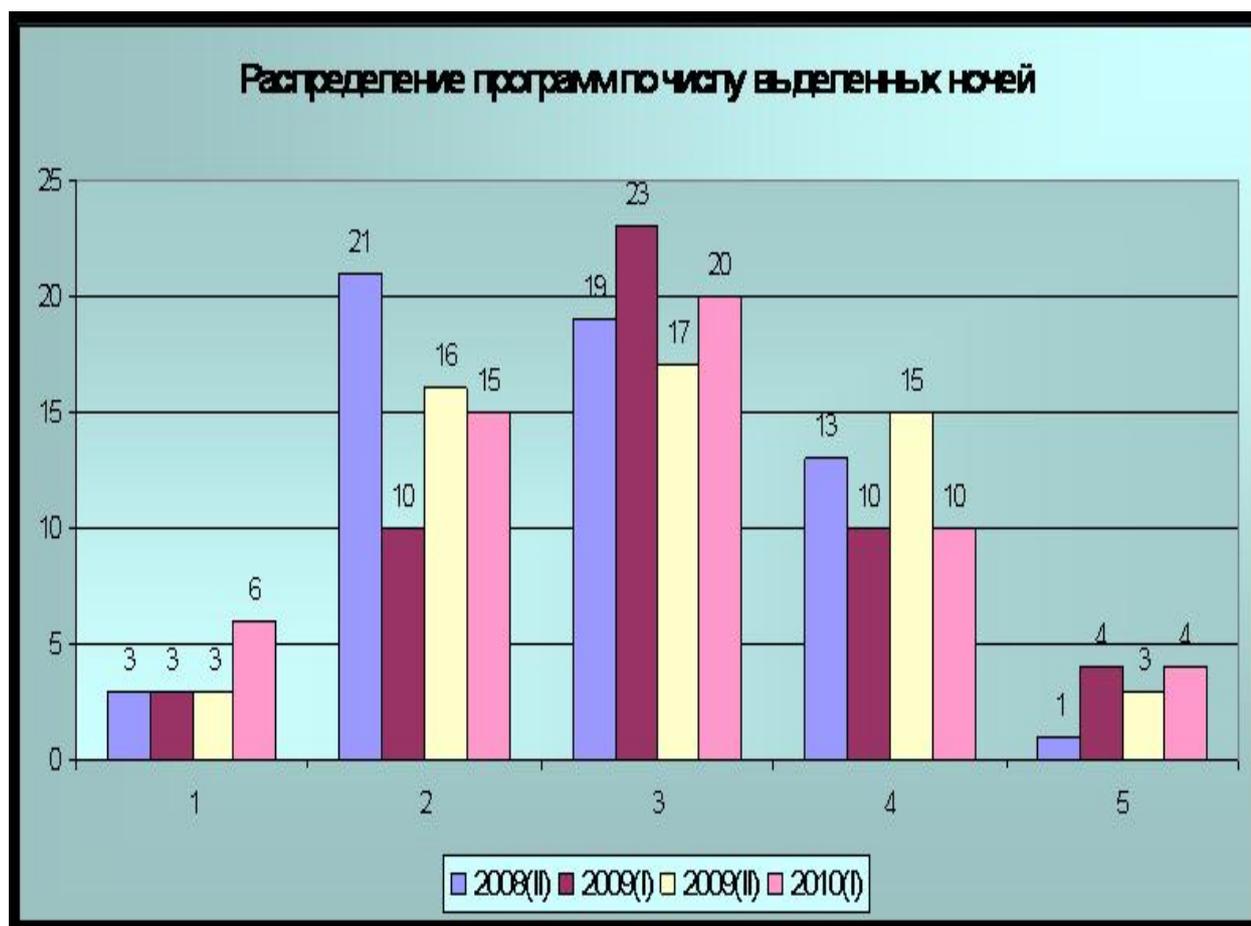


Рисунок 4. Распределение программ по количеству выделяемого времени в 2008-2010 гг.

1.2 Результаты научных исследований, выполненных на УСУ БТА

На следующих рисунках приведен ряд наблюдательных результатов, полученных на УСУ БТА на четвертом этапе выполнения НИР. Основные результаты сейчас готовятся к печати в ведущих российских и зарубежных изданиях.

Так, в частности используя мультиспектральный спектрометр и фокальный редуктор SCORPIO, заявителю Н.Брошу (Израиль) совместно с нашими учеными удалось обнаружить различие возрастов звезд во внешнем кольце и центральной области уникальной галактики – так называемой галактики Хоага. Результаты приведены на Рис.5.

Необычная кольцевая галактика Hoag's object
 БТА+ SCORPIO (N. Brosh, A. Moiseev, I. Kamkov, I. Finkelman)

Впервые изучена картина движений звезд и газа в этой галактике. Спектры, полученные на БТА, показали, что звезды во внешнем кольце в среднем значительно моложе, чем центральное тело и обладают меньшей металличностью. Полученные данные указывают на то, что кольцо образовалось в результате аккреции газа из межгалактической среды.

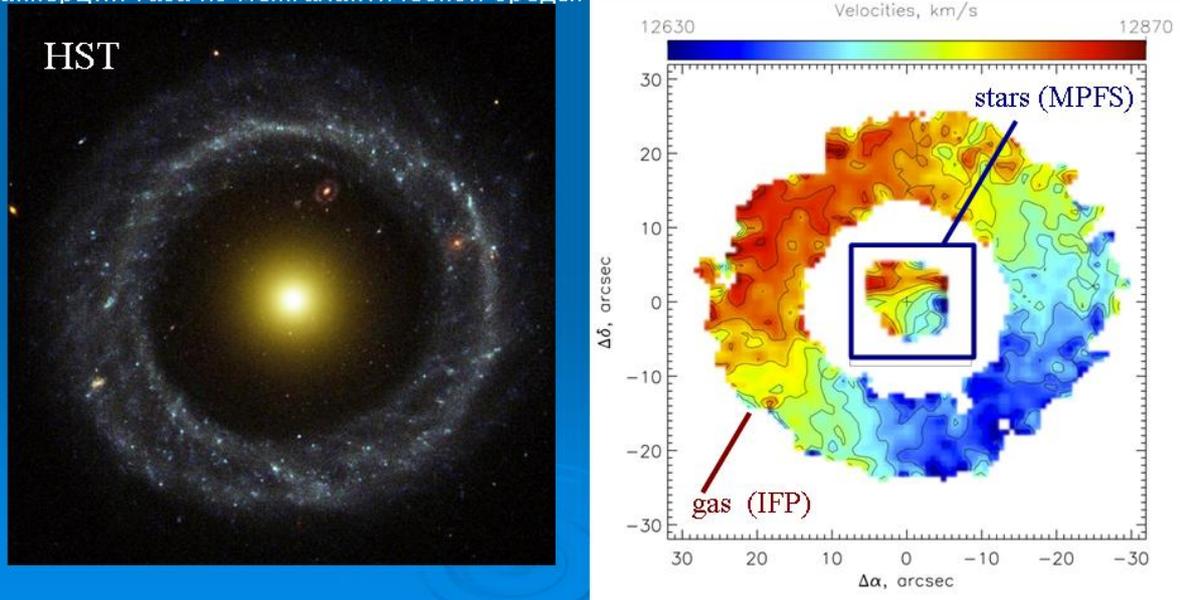


Рисунок 5. Результаты спектральных исследований необычной кольцевой галактики по заявке Н. Броша (Израиль).

Кольцевые галактики из обзора SDSS
 БТА+ SCORPIO (A. Moiseev)

Изучены движения газа и звезд в нескольких кольцевых галактиках на $z=0.1-0.15$. Показано, что внешняя структура в SDSS 0947+2012 действительно является полярным (сильно наклонным) кольцом. Дальнейший анализ этих данных (сравнение кривых вращения в разных плоскостях) позволит оценить отличия формы темного гало от сферической.

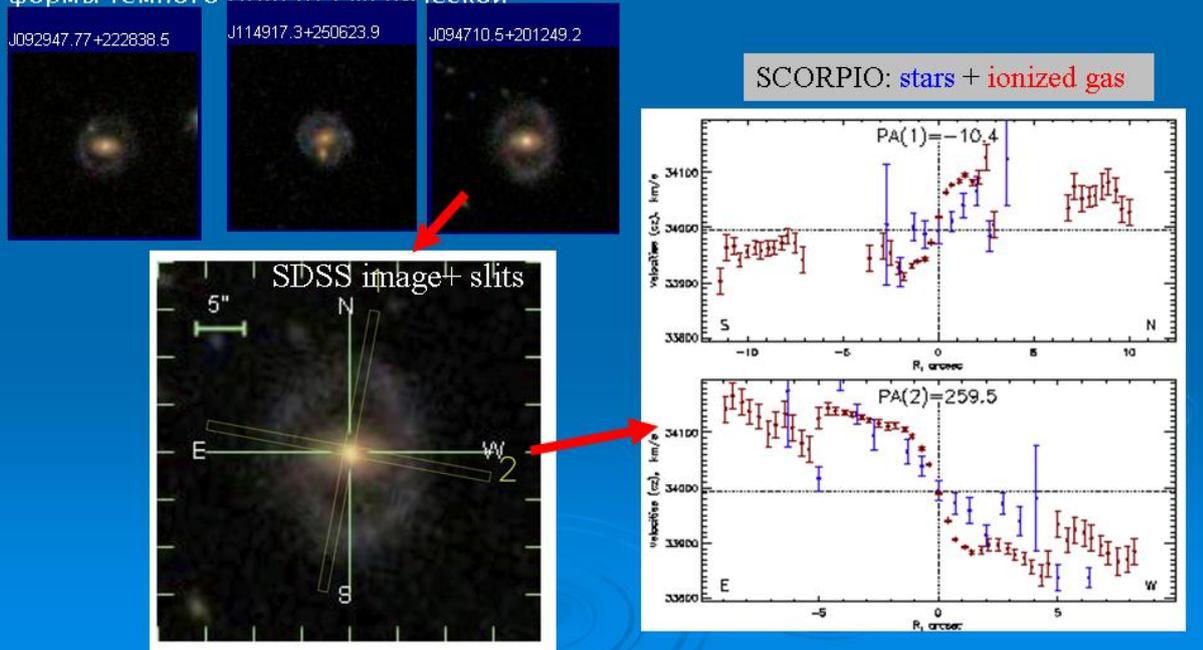
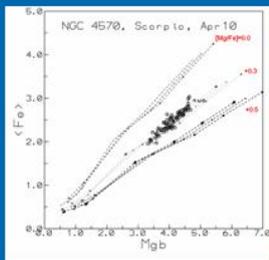
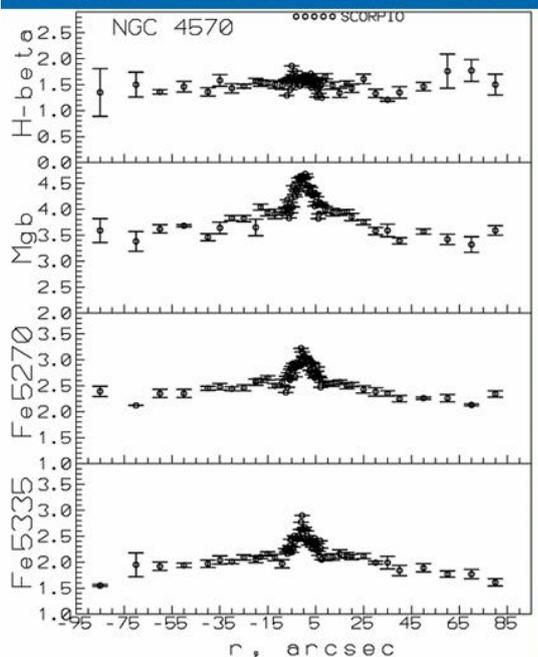


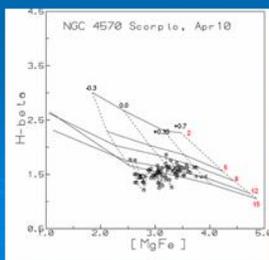
Рисунок 6. Результаты исследования кольцевых галактик (А.Моисеев, САО РАН).

Исследование линзовидных галактик (О.К.Сильченко, ГАИШ)

Профили Ликских индексов – до границы звездного диска



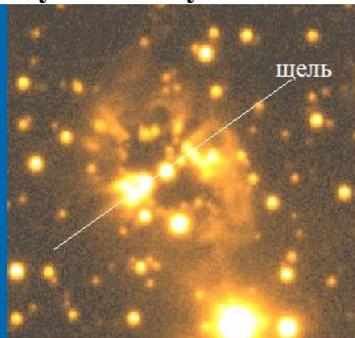
Эпоха формирования диска короче 1 млрд лет



И формировался он 12-15 млрд лет назад

13

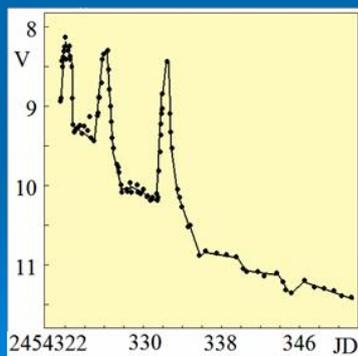
Рисунок 7. Изучение линзовидных галактик (заявка О.Сильченко (ГАИШ МГУ)).



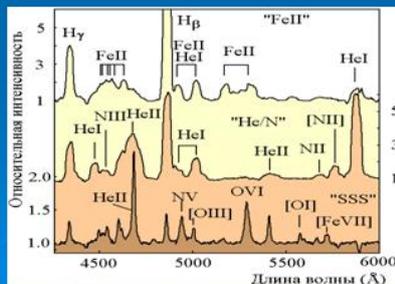
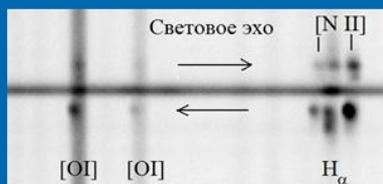
V458 Vul

Горанский В.П. (ГАИШ); Барсукова Е.А., Буренков А.Н., Фатхуллин Т.А. (САО РАН)

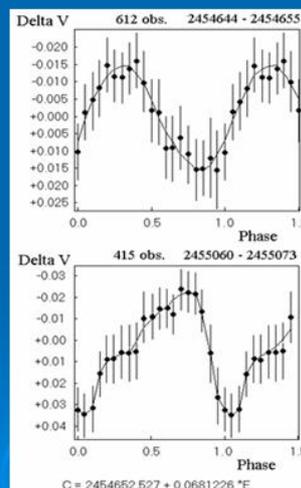
Классическая новая – центральная звезда планетарной туманности. Новая сменила спектр класса «FeII» на «He/N» и проходит стадию SSS. Донор – звезда в стадии post-AGB, которая недавно сбросила свою оболочку. Орбитальный период 0.0681226 дня (Родригес-Жил и др. 2010).



Кривая блеска V458 Vul вблизи максимума



Эволюция спектра. Фрагмент.



Средние кривые блеска V458 Vul с орбитальным периодом. 14

Рисунок 8. Изучение классической новой звезды V458 Vul (заявитель – В.П.Горанский (ГАИШ МГУ)).

Группа из 5 карликовых галактик. 1

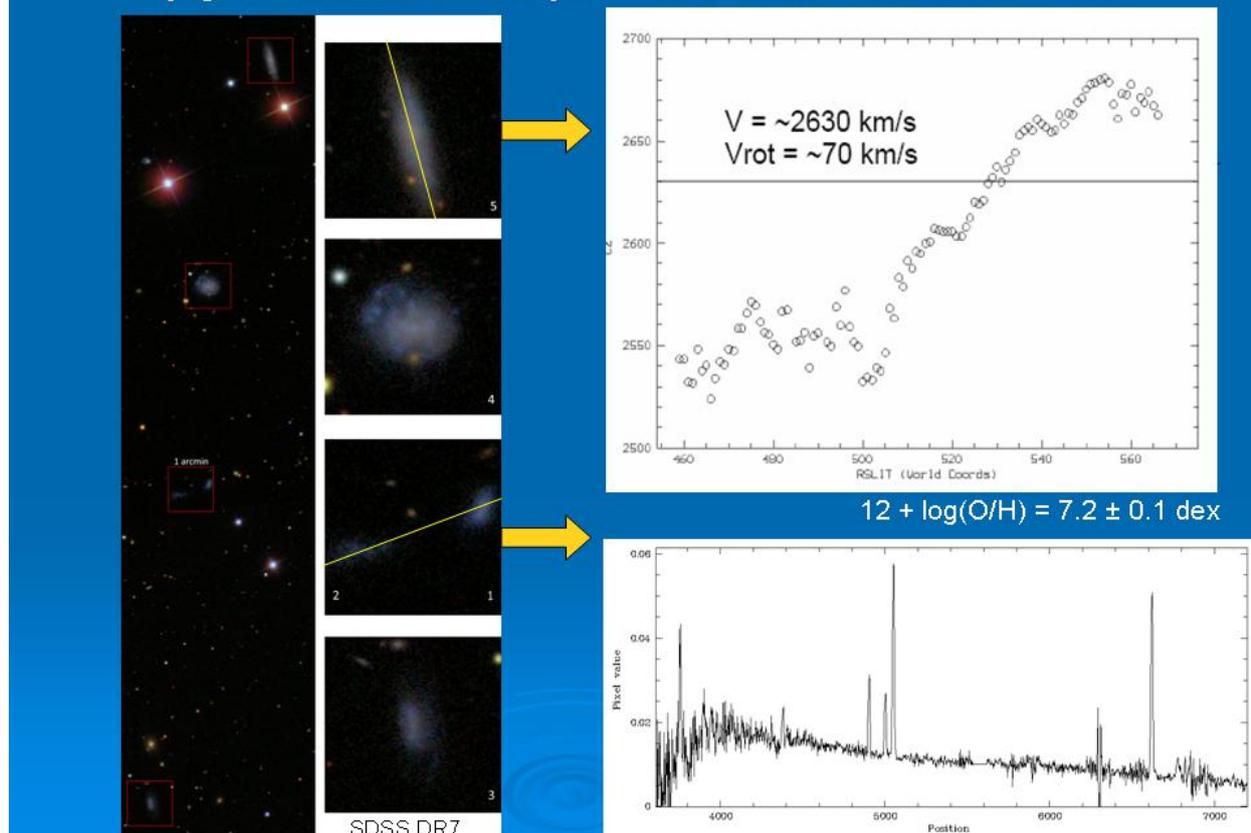


Рисунок 11. Результаты изучения группы карликовых галактик (заявители – Д. Макаров и Р. Уклеин (САО РАН)).

Сотруднику САО РАН А.В.Моисееву удалось детально изучить движения газа и звездного населения у ряда галактик на красном смещении 0.1-0.15 (Рис.6), а сотрудник ГАИШ МГУ О.К.Сильченко исследовала выборку линзовидных галактик и показала наличие у них старого звездного диска (Рис.7). Результатом комплексного исследования катаклизмической новой звезды V458 Vul стало открытие смены ею спектрального класса и надежное определение орбитального периода. Заявку выполняли совместно сотрудники САО РАН и ГАИШ МГУ. Данные представлены на Рис.8. Программа исследования классических новых в ближайшей к нам галактике М31 позволила обнаружить несколько новых кандидатов в новые, находящиеся на очень редкой и кратковременной стадии своей эволюции (Рис.9). На Рис.10 показаны результаты исследования вспышек яркости у звезды EV Lac, полученные методом измерения кратковременных вариаций блеска. Рис.11 иллюстрирует результаты спектральных исследований интересной группы карликовых галактик, выполненных сотрудниками САО РАН Д.Макаровым и аспирантом Р.Уклеиным.

2 Поставка оборудования, проведение пуско-наладочных работ.

На первом и втором этапах выполнения НИР было показано, что внедрение новых систем регистрации изображений на базе приборов с зарядовой связью с электронным усилением сигнала (так называемых. EM CCD) позволит существенно повысить эффективность спекл-интерферометрических исследований, выполняемых на УСУ БТА. Далее, было показано, что внедрение нового интерферометра Фабри-Перо на фокальном редукторе SCORPIO позволило повысить точность проводимых исследований и получить более стабильный наблюдательный вариант.

На втором этапе выполнения НИР было проведено проектирование нового фокального редуктора светосилы для первичного фокуса УСУ БТА, определены технические условия и требования к этому прибору, начаты работы по замене системы управления телескопом Цейсс-1000.

На третьем этапе были получены экспериментальные данные с спекл-интерферометром БТА с установленной системой регистрации PhotonMax 1024В, проведены работы по установке нового крупноформатного светоприемника с 4600x2048 элементов на Основной звездный спектрограф УСУ БТА, получены первые данные с системой регистрации такого же формата на фокальном редукторе SCORPIO.

2.1 Работы по дооснащению комплекса УСУ БТА на 4-м этапе.

В ходе проведенных исследований на данном этапе были проведены следующие работы по дооснащению аппаратурных комплексов УСУ БТА:

- Шаговый сервопривод для модернизации опорно-двигательной части телескопа БТА стоимостью 99948 рублей приобретен у ЗАО «Сервотехника Нева» по договору №016 от 01.07.2010 г.
- Комплектующие для оснащения вакуумного насоса, обслуживающего вакуумное оборудование, установленное на УСУ БТА стоимостью 69287 рублей было приобретено у ООО «Криогенные и вакуумные системы» в соответствии с договором №103-ПО/10 от 16.06.2010 г.

Все приобретенное оборудование уже установлено, идет его эксплуатация. Таким образом, во время выполнения 4 этапа расходы на эти нужды составили 169 235 рублей, а в совокупности с 3-м этапом общие расходы за 2010 год составили 1 009 235 рублей.

2.2 Пуско-наладочные работы и внедрение приемников излучения на базе EM CCD для задач спекл-интерферометрии на БГА

Приобретение за счет целевых средств системы регистрации изображений на базе прибора с зарядовой связью с внутренним усилением заряда (так называемого EM CCD) позволило существенно расширить возможности метода спекл-интерферометрических наблюдений на телескопе БГА. Существенно возросшая квантовая эффективность приемника (более 60% в рабочем диапазоне) и сниженные по сравнению с системой на базе усилителя яркости шумы позволили начать изучение более слабых объектов и сократить затраты наблюдательного времени.

Камера Andor Ixon +897 разработана компанией Andor (Ирландии) на основе матрицы e2v с внутренним умножением заряда (EMCCD). Матрица состоит из 512x512 элементов размером 16x16 мкм и имеет квантовую эффективность QE=93% в области 550 нм.



Рисунок 12. Общий вид спекл-интерферометра на базе EMCCD Andor iXon+897, в ходе лабораторных пуско-наладочных работ.

Рабочая температура приемника составляет -70°C , что вполне достаточно для снижения собственных тепловых шумов приемника до приемлемого уровня. Измеренный темновой ток составляет 0.01 электрона на элемент за секунду. Выходной узел ПЗС

выполнен в виде двух независимых регистров считывания. Один используется при считывании сигнала, как в обычных ПЗС-системах, другой работает в режиме электронного умножения заряда. При максимальном умножении шум считывания падает до значений ниже 1 e⁻. Коэффициент умножения может программно задаваться в диапазоне от 1 до 1000. Частота считывания заряда может достигать 10 МГц при длительности отдельных экспозиций в диапазоне от 5 до 20 мсек.

Общий вид нового спекл-интерферометра на базе камеры Andor iXon+897 в ходе пуско-наладочных работ показан на Рис. 12. Для установки нового светоприемника была полностью переделана оптико-механическая часть прибора.

2.3 Создание нового фокального редуктора для БТА – пуско-наладочные работы

За время эксплуатации на телескопе существующий фокальный редуктор светосилы SCORPIO показал себя эффективным прибором и в настоящее время он используется на БТА в 45-50% календарного времени. По сравнению с другими приборами, ранее устанавливаемыми на БТА - редуктором светосилы для ИФП и спектрографом UAGS, SCORPIO позволил увеличить эффективность наблюдений от 5 до 10 раз в различных режимах. Созданная для SCORPIO система управления позволила также реализовать режим удаленных наблюдений с этим спектрографом.

В то же время, несмотря на очевидные преимущества – хорошее пропускание, низкий уровень рассеянного света и механическую стабильность, в процессе штатных наблюдений у SCORPIO выявился ряд недостатков, снижающих эффективность и возможности этого прибора на БТА.

Создание нового прибора было завершено в ходе выполнения настоящего этапа НИР. Летом 2010 г. были проведены лабораторные юстировки и настройки, а с осени 2010 года начаты пробные наблюдения на УСУ БТА.

Общий вид прибора в процессе проведения пуско-наладочных работ показан на Рис.13 с двух различных ракурсов. На Рис.14 показаны отдельные узлы – турель диспергирующих элементов (слева) и узел оптики коллиматора (справа).

Оптико-механические узлы спектрографа собраны в жестком корпусе размером 430x500x520 мм, который имеет посадочный фланец ПФ БТА, вес спектрографа без светоприемника около 120 кг.



Рисунок 13. Общий вид нового фокального редуктора светосилы для УСУ БТА.

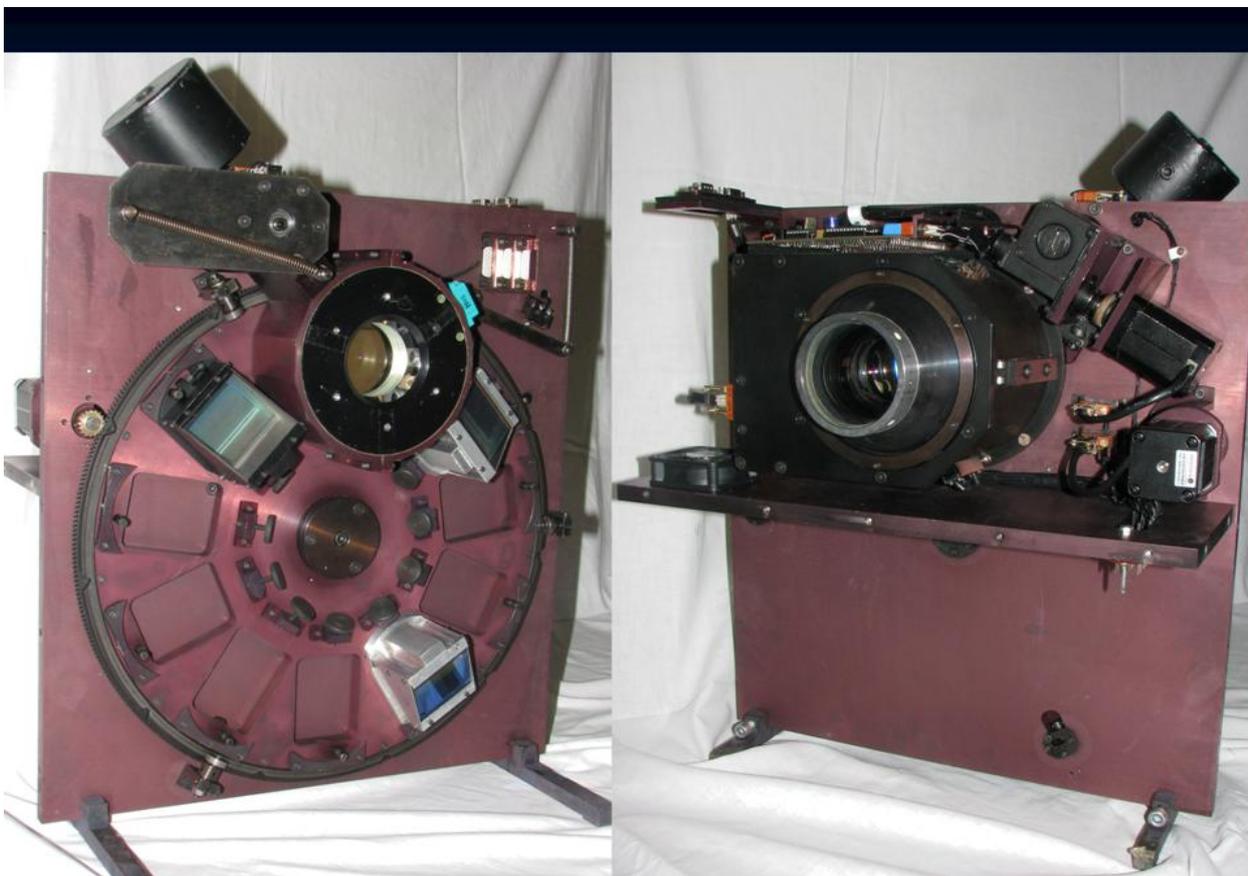


Рисунок 14. Отдельные узлы фокального редуктора.

Спектрограф содержит пять независимых узлов:

- Щелевой блок (1- этаж)
- Блок фазовых пластин с 2-мя турелями интерференционных фильтров (2-й этаж)
- Блок коллиматоров с затвором и турелью широкополосных фильтров и анализаторов поляризации (3-й этаж)
- Блок камеры спектрографа с турелью VPH-решеток и механизмом ввода ИПФ (4-й этаж)
- Блок коллиматора IFU с линзовым растром и оптическими световодами для реформирования матрицы микрозрачков в псевдощель

2.4 Пуско-наладочные работы и ввод в строй системы для регистрации прямых снимков ИК-диапазона

В ходе проведения работ по текущему этапу НИР была введена в строй система регистрации изображений инфракрасного диапазона, рассчитанная на использование на телескопах БТА и Цейсс-1000.



Рисунок 15. Общий вид системы регистрации для изображений ИК-диапазона на телескопах БТА и Цейсс-1000.

Основой для системы послужили компоненты камеры CIRSI, приобретенной у Института астрономии Кембриджского университета (Рис.15). Два детектора размерами 1024x1024 элементов находятся в криостате красного цвета, серые блоки служат для управления самим светоприемником и устройствами фотометра.

Исследование параметров системы в ходе пуско-наладочных работ позволило убедиться в ее работоспособности и вместе с тем поставило задачу улучшения характеристики вакуумного криостата, который при рабочей паспортной температуре - 200С выдает температуру несколько более высокую – около -180С, что приводит к значимому повышению собственных шумов системы.

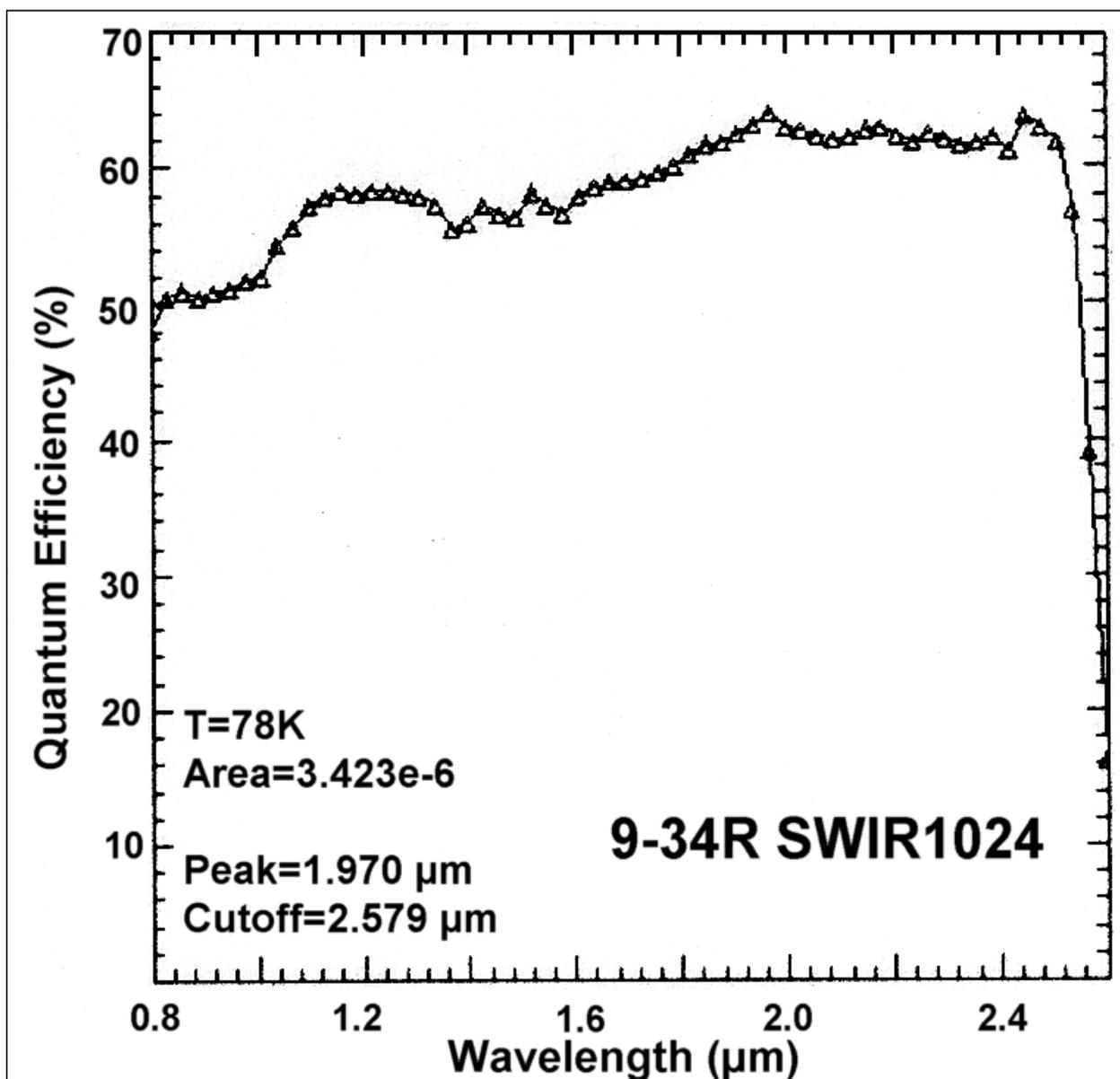


Рисунок 16. График квантовой эффективности детектора в диапазоне 0.8-2.5 мкм.

Несмотря на этот недостаток, можно считать, что система готова к работе на оптических телескопах САО РАН. На повестке дня стоит также задача модернизации блока электроники для обеспечения большего удобства работы с системой на телескопе.

На Рисунке 16 приведена кривая чувствительности инфракрасного детектора в рабочем диапазоне от 0.8 до 2.5 микрометра, полученная в ходе проведения пуско-наладочных работ.

Технико-экономическая оценка выполненной работы позволила сделать вывод о том, что такой подход к решению научно-технической проблемы позволил не только существенно сэкономить средства при приобретении полностью готовой системы (расходы составили 120 тыс.долл. США, а готовая система такого уровня будет стоить дороже 500 тыс.долл.), но и обойти существующие ограничения западных стран на поставку в Российскую Федерацию аналогичного оборудования, подпадающего под экспортные ограничения.

3. Тестирование и аттестация модернизированных и создаваемых методов наблюдений.

В рамках проведения настоящей НИР проведено тестирование и аттестация модернизированных и вновь созданных методов наблюдений на УСУ БГА. Для аттестации методов в САО РАН сформированы собственные комиссии из высококвалифицированных специалистов, утверждены планы работы комиссий и результаты аттестации, позволившие начать опытное использование новых и модернизированных средств наблюдений.

3.1 Тестирование и аттестация модернизированного спекл-интерферометра УСУ БГА.

Тестирование модернизированного спекл-интерферометра УСУ БГА проведено в лабораторных условиях в июле 2010 года в группе методов астрономии высокого разрешения.

Для аттестации метода была создана комиссия в составе:

председатель - Власюк В.В., заместитель директора, члены комиссии – Малоголовец Е.А., н.с., к.ф.-м.н., Расстегаев Д.А. – м.н.с., Максимов А.Ф. , к.т.н.

Программа аттестации включала в себя:

- Проведение лабораторных исследований, измерение собственных параметров детектора, характеристик оптико-механических узлов, контроль программного обеспечения
- Установка прибора в рабочее место на телескопе, проверка линий связи и управления
- Определение параметров системы после установки на телескопе
- Проведение пробных наблюдений
- Измерение предельных характеристик прибора
- Определение эксплуатационных характеристик в режиме удаленных наблюдений.

Эта программа аттестации была успешно выполнена в июле 2010 года, после чего разработанный прибор начал использоваться в регулярных наблюдениях на УСУ БГА в соответствии с расписанием работы телескопа. На Рис.17 дана кривая квантовой эффективности прибора, полученная в ходе аттестации приведены первые результаты, полученные с новым прибором летом 2010 года, а на Рис.18 показаны первые данные, полученные в процессе реальных наблюдений.

Квантовая эффективность камеры Andor iXon_{EM}+897

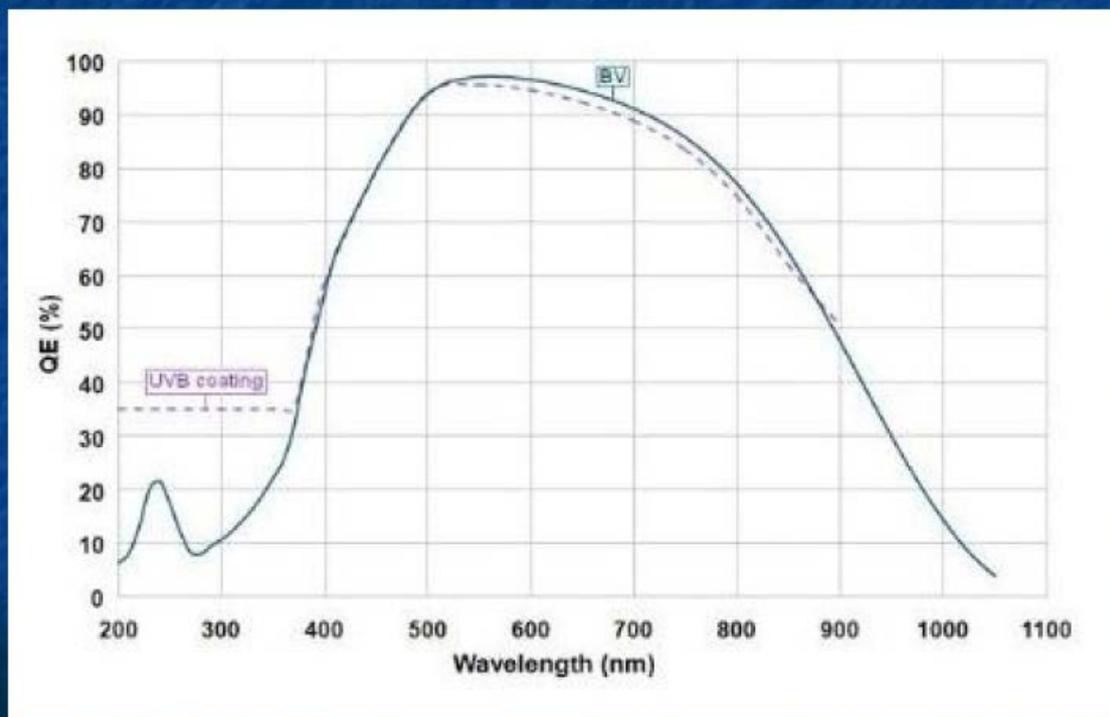
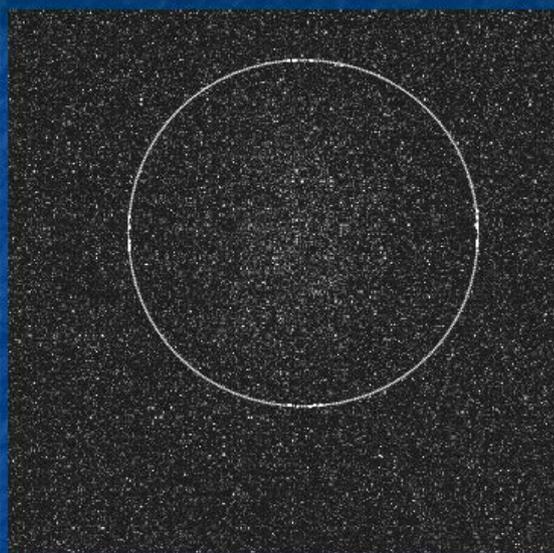


Рисунок 17. Кривая квантовой эффективности детектора камеры Andor iXon+897.

LP 439-387



Спекл-изображение (слева) и усредненная по 4000 кадрам автокорреляция (справа) пары белых карликов ($m_v=15.7$). БТА, июль 2010, $\lambda/\Delta\lambda=550/20$ нм, $\rho\approx 0''.87$, $\Delta m\approx 0$.

Рисунок 18. Результаты первых наблюдений на УСУ БТА с спекл-интерферометром на базе Andor iXon+897, выполненных в июле 2010 г.

Данные аттестационной комиссии позволяют утверждать, что благодаря внедрению современного светоприемника удалось достичь следующих параметров работы комплекса при исследованиях двойных звезд:

- Быстродействие – от 29 до 35 кадров в секунду
- Полная квантовая эффективность – до 25%
- Предельная звездная величина – около 16 зв.вел.
- Разность блеска компонентов - до 6 зв.величин
- Угловое разделение компонентов – от 0.02 до 4.4 угл.сек.

Технико-экономическая оценка выполненных работ показывает, что проведенная собственными силами модернизация наблюдательного метода позволила путем приобретения импортного оборудования стоимостью около 2.5 млн.рублей создать комплекс, эквивалент которого при прямой поставке из-за рубежа будет стоить более 10 млн.рублей. Тем самым достигнута более чем двойная экономия бюджетных средств.

3.2 Тестирование и аттестация нового фокального редуктора светосилы УСУ БТА.

Тестирование нового фокального редуктора светосилы УСУ БТА проведено в лабораторных условиях в июле 2010 года в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН.

Для аттестации нового метода была создана комиссия в составе:
председатель - Власюк В.В., заместитель директора, члены комиссии – Афанасьев В.Л., гл.н.с., д.ф.-м.н., Моисеев А.В. – в.н.с., к.ф.-м.н., Борисов Н.В, ст.н.с., к.ф.-м.н.

Программа аттестации включала в себя:

- Проведение лабораторных исследований, измерение собственных параметров и характеристик оптико-механических узлов, контроль программного обеспечения
- Определение характеристик нового светоприемника, оптимизированного для ближнего инфракрасного диапазона, сравнение его параметров с существующим приемником, выбор детектора для дальнейших исследований
- Установка прибора в рабочее место на телескопе, проверка линий связи и управления
- Определение параметров системы после установки на телескопе, определение времен переключения режимов прибора
- Проведение пробных наблюдений
- Измерение предельных характеристик прибора

- Определение эксплуатационных характеристик в режиме удаленных наблюдений.

Эта программа аттестации для спектральной, фотометрической и поляриметрической мод была успешно выполнена в июле 2010 года, после чего разработанный прибор начал использоваться в регулярных наблюдениях на УСУ БТА в соответствии с расписанием работы телескопа.

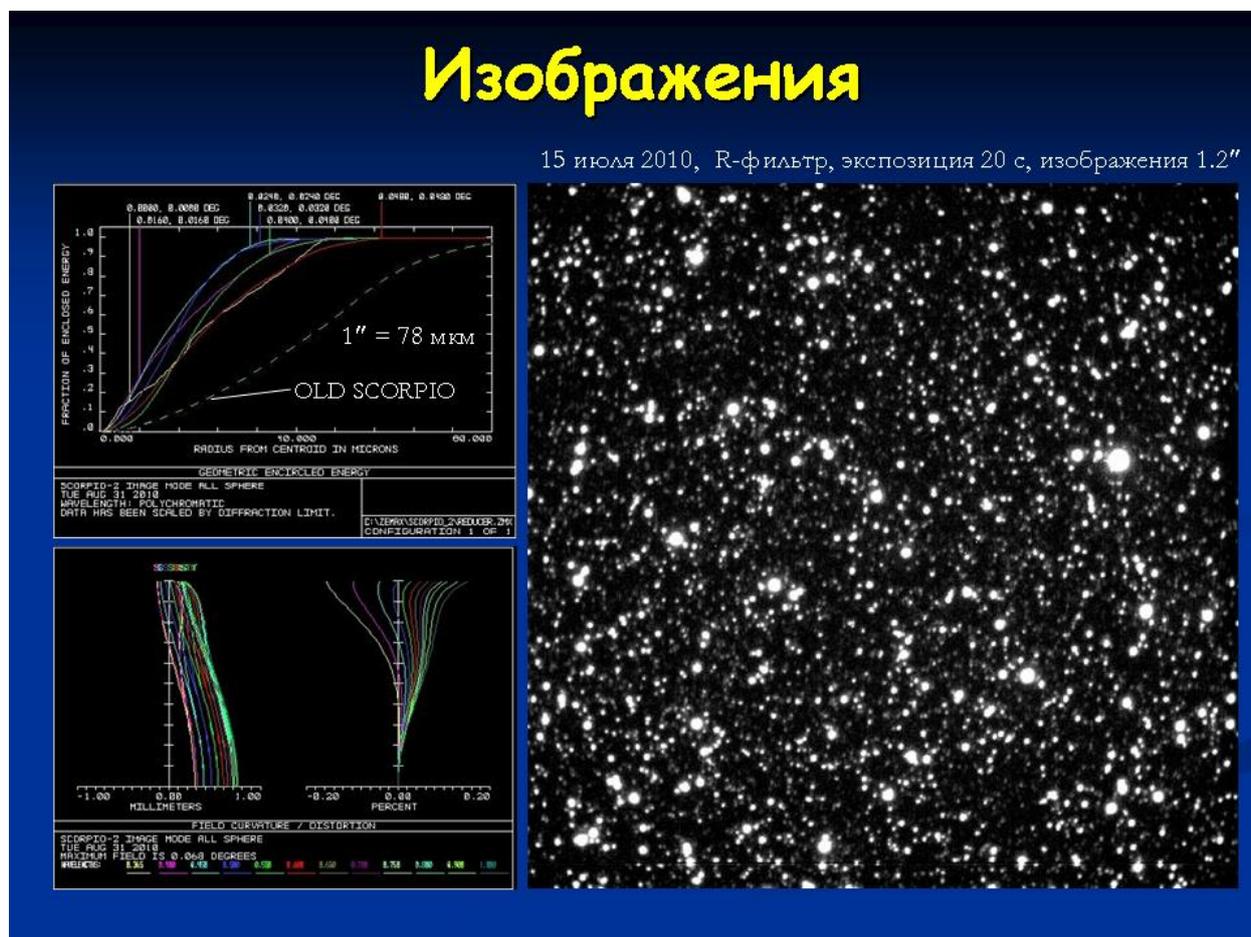


Рисунок 19. Качество оптики фокального редуктора – расчеты aberrаций (слева) и прямой снимок, полученный в ходе аттестации прибора при очень хороших изображениях (справа).

На Рис.19 приведены данные, характеризующие качество оптики фокального редуктора в режиме получения прямых снимков с набором широкополосных фильтров. Как видно, оптика редуктора позволяет компенсировать aberrации главного зеркала телескопа и работать без искажений по всему полю приемника при самых лучших атмосферных условиях.

На Рис.20 показаны результаты аттестации спектральной моды фокального редуктора, на которых показано, что в этом режиме качество оптики позволяет получать

изображения с полушириной около 3 элементов приемника, что соответствует 0.5 угл.сек. дуги.

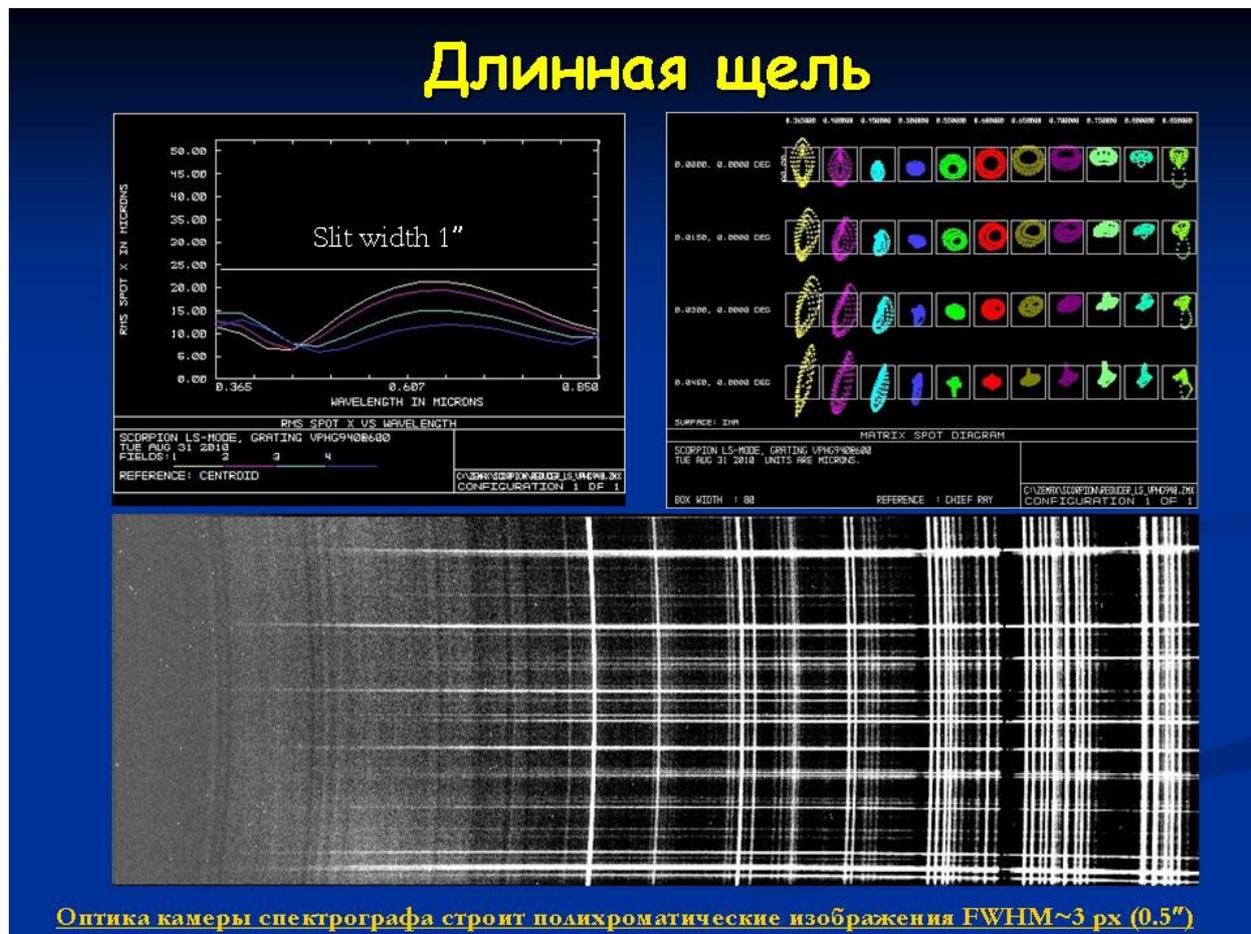


Рисунок 20. Качество оптики фокального редуктора – расчеты aberrаций (вверху) и прямой снимок, полученный в ходе аттестации прибора при очень хороших изображениях.

Таким образом, в соответствии с результатами аттестации разработанный и изготовленный фокальный редуктор светосилы будет готов обеспечивать следующие режимы исследований:

- Широкополосная и узкополосная фотометрия в поле зрения 6x6 угловых минут
- Спектроскопия с длинной щелью (длина 6 минут дуги, ширина переменная) в диапазоне 0.36÷0.95 мкм со спектральным разрешением $R=500\div5000$.
- Поляриметрия (измерение 4-х параметров Стокса) в широких фильтрах в поле зрения 3'x2', измерение линейной поляризации протяженных объектов в поле диаметром 6' методом Фесенкова

Две моды:

- Спектрополяриметрия (измерение 4-х параметров Стокса) с длинной щелью (длина 2') в диапазоне 0.36-0.9 мкм со спектральным разрешением $R=500\div 5000$.
- 3D-спектроскопия с ИФП, поле зрения диаметром 6 минут дуги, спектральное разрешение $R=2500\div 12500$, диапазон 0.48÷0.7 мкм.

необходимо аттестовать в начале 2011 года, а наиболее сложные технологические моды:

- 3D- спектроскопия с мультизрачковым блоком 22x22 линзы (размер линзы 0.75", поле зрения 16.5"x16.5"), спектральный диапазон 0.36÷0.95 мкм, спектральное разрешение $R=600\div 3000$.
- Многощелевая спектроскопия с 16 перемещаемыми щелями 1.5"x17", поле зрения 4'x6', спектральный диапазон 0.36÷0.95 мкм, спектральное разрешение $R=400\div 2500$.

должны быть завершены в 2011 г.

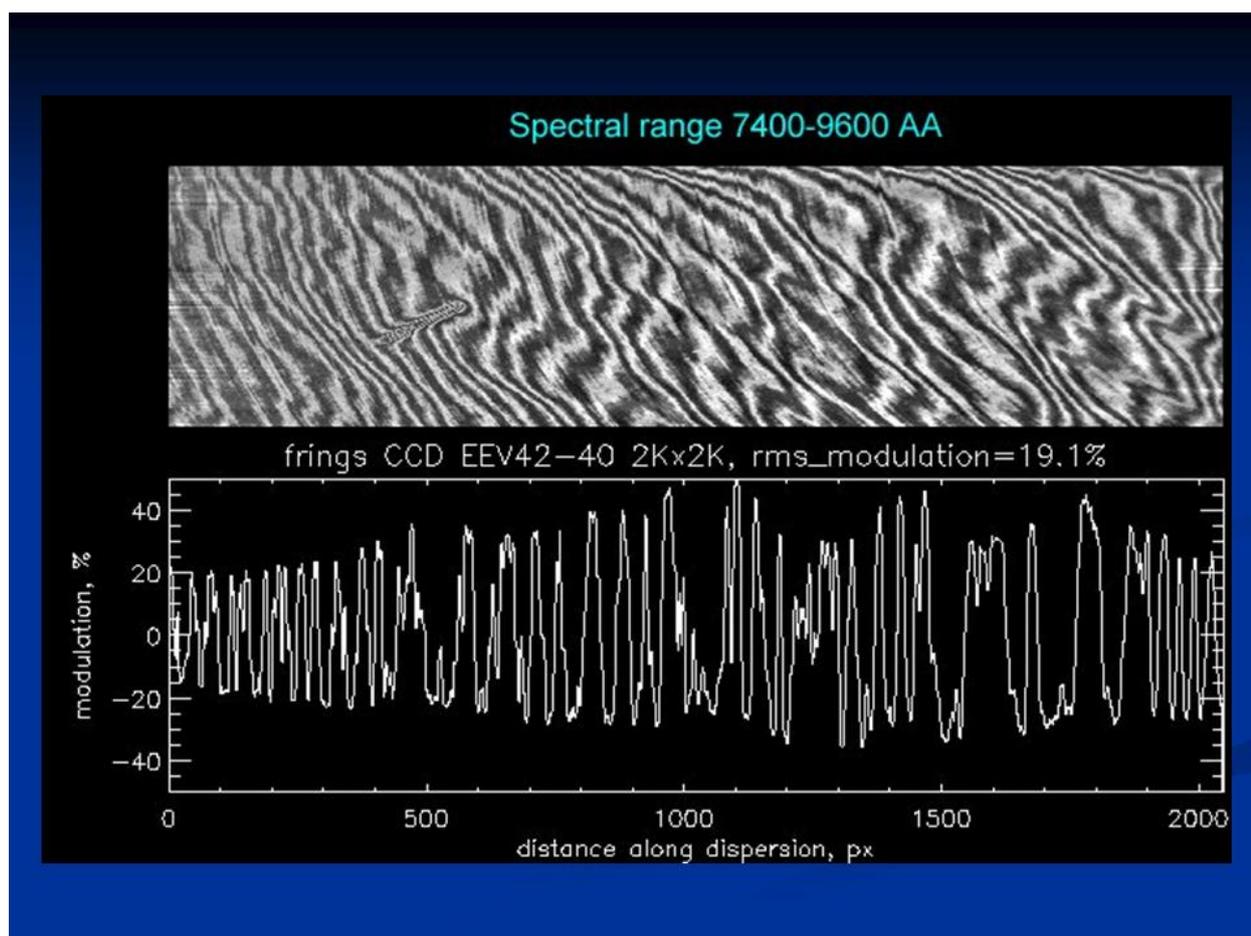


Рисунок 21. Характеристики существующего («тонкого») светоприемника при работе в ближнем инфракрасном диапазоне спектра.

Одним из существенных недостатков является качество приемника в ближней инфракрасной части спектра, интерес к исследованиям в которой неуклонно растет в

последние годы. Свойства приемников, оптимизированных для работы в оптической части, являются помехой при работе в ИК-диапазоне. Внедрение нового детектора с глубоким обеднением кремниевой подложки позволило существенно повысить эффективность исследований в ИК-диапазоне, сохранив высокие точностные характеристики в видимой части спектра.

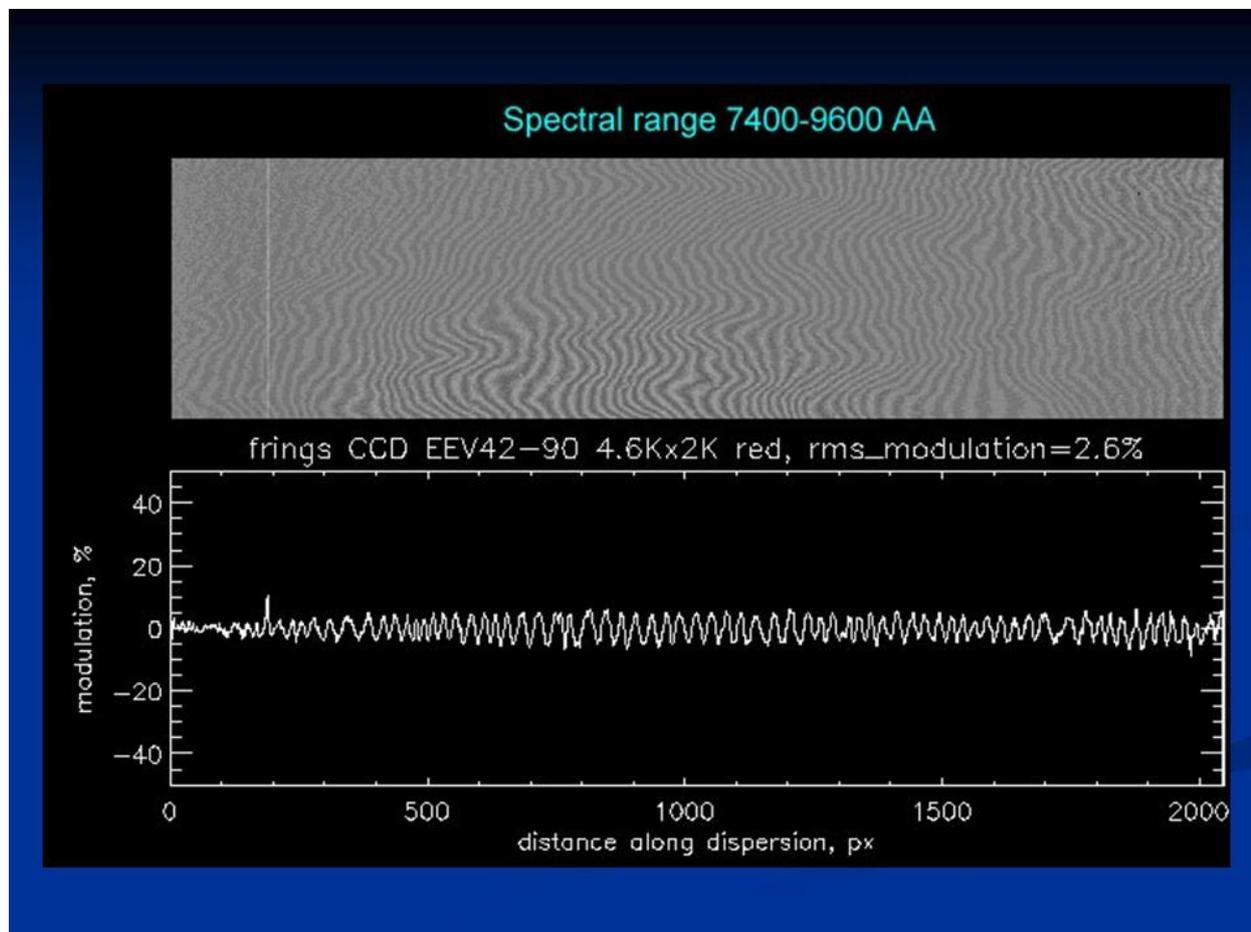


Рисунок 22. Характеристики нового светоприемника с глубоким обеднением, оптимизированного для работы в ближнем инфракрасном диапазоне спектра.

Результаты аттестационных исследований светоприемника для нового фокального редуктора приведены на Рис.21 и 22. На них приведены для сравнения изображения равномерного источника засветки, накопленные с помощью уже существовавшего стандартного прибора, оптимизированного для работы в оптическом диапазоне блеска (Рис.21) и нового светоприемника, предназначенного как для работы в оптической части спектра, так и в области ближнего инфракрасного диапазона (вплоть до длины волны 1 мкм) (Рис.22).

Хорошо видно, что уровень основных помех – интерференционных полос – упал с 20% до 2.5% - почти в 8 раз.

Итогом выполненной аттестации светоприемных систем можно считать решение о целесообразности установки на новый фокальный редуктор светосилы светоприемника с

глубоким обеднением кремниевой подложки, оптимизированного для исследований в ближней инфракрасной области спектра с матрицей 2048x4600 элементов.

Эффективность выполненных работ такова, что собственные затраты по созданию фокального редуктора в размере 1.5 млн.рублей (без учета стоимости приемника) позволили оснастить УСУ БТА прибором, существенно превосходящим аналогичный прибор класса DFOSC (Дания) стоимостью более 200 тыс. долл. США и сопоставимый по своим возможностям с уникальным европейским прибором FORS, установленным на 8-м телескопе VLT и имеющий стоимость порядка 1 млн. евро.

Благодаря созданию собственных систем регистрации изображений удалось достичь почти 50% экономии бюджетных средств по сравнению с вариантом приобретения полностью готовой зарубежной системы регистрации.

4 Подготовка плана работы УСУ на 2011 год.

По итогам обсуждения представленных заявок на I-е полугодие 2011 г. на заседании Программного Комитета Больших Телескопов от 14 октября 2010 года и с учетом инструментальных возможностей комплекса БТА было проведено распределение времени и составлено расписание работы БТА на I-е полугодие 2011 г. (оригинал представлен на сайте http://www.sao.ru/request/schedule/bta2011_1.html и приведен в Приложении А.).

План работы УСУ БТА на 2011 год состоит из следующих основных блоков:

1. Модернизация комплексов оптических телескопов БТА и Цейсс-1000.

Цель работы: обеспечение условий для выполнения наблюдательных научно-исследовательских программ на уникальных российских оптических телескопах на современном уровне.

Основные задачи и срок их выполнения:

- Продолжение работ по реконструкции поверхности главного зеркала БТА – 2011 - 2012 годы. В 2011 году планируется разработка методики контроля поверхности главного зеркала и ее испытание в цеховых условиях. На 2012 год запланировано завершение работ по переполировке зеркала, доставка его на УСУ БТА и установка в штатную оправу.
- Разработка алгоритма автоматической работы системы активного охлаждения подкупольного объема башни БТА и Главного зеркала – 1-е полугодие 2011 года. Система охлаждения работает в режиме полуручного управления, создана система термоконтроля, необходимо замкнуть управление холодильной машиной на данные этой системы и прогноз температуры на ближайшие дни.
- Начало штатной эксплуатации крупноформатных детекторов на базе ПЗС-матриц – начало 2011 года. « крупноформатных детектора с 2048x4600 элементов находятся в режиме опытной эксплуатации с середины 2010 года.
- Создание 2 систем на базе крупноформатных детекторов для переоснащения существующих методов исследований на УСУ БТА – до конца 2011 года. Для замены детекторов с 2048x2048 элементов, бесшумно работающих на УСУ БТА с 2002 года, необходимо создать новые системы на базе более совершенных детекторов такого же или большего размера.
- Завершение создания фокального редуктора видимого диапазона для БТА, аттестация новых мод наблюдений - до конца 2011 года. Часть режимов нового фокального

редуктора уже аттестованы, необходимо завершить доработку и провести аттестацию наиболее сложных режимов наблюдений.

- Завершение реконструкции распределенной системы управления БТА, включающей замену основных датчиков осей телескопа – 2011 г. В настоящее время разработан интерфейс подключения новых цифровых датчиков в распределенную систему управления.
- Начало штатной работы системы управления телескопом Цейсс-1000 с цифровыми управляемыми приводами в режиме удаленных наблюдений – 2-я половина 2011 г. Опытная работа с новыми цифровыми приводами уже идет, необходимо завершить работы по дистанционному режиму работ на 1-метровом телескопе.
- Завершение реконструкции методов наблюдений на БТА для возможности выполнения удаленных наблюдений – 1-я половина 2011 г. Необходимо завершить работы по полной автоматизации спектральных методов высокого разрешения начать удаленные наблюдения на всех методах, реализованных на УСУ БТА.

2. Решение кадровой проблемы в коллективе

Цель работы: обеспечить успешное решение кадровой проблемы в условиях старения основного кадрового ядра САО, передать опыт эксплуатации уникальной установки молодым специалистам.

Основные задачи:

- Подготовка молодых специалистов-астрофизиков: работа со студентами ведущих вузов страны – летние практики и стажировки; поддержка аспирантов; преподавательская деятельность в ВУЗах. Эта работа успешно ведется многие годы, серьезной проблемой остается трудоустройство уже подготовленных специалистов.
- Подготовка инженерного персонала: укрепление связей с техническими вузами Юга России – практики, стажировки, проведение НИР с кафедрами вузов. Основное ядро инженерного персонала уже приближается к пенсионному возрасту, поэтому взаимодействие с техническими вузами должно быть усилено в части организации практик и стажировок молодых инженеров.
- Повышение престижности научных и инженерных специальностей. Широкое вовлечение молодых инженеров в творческую работу должно способствовать росту их собственной мотивации, интересу к кадровому росту. На УСУ БТА работает ряд молодых сотрудников со степенью кандидата технических наук, идет обучение сотрудников и в аспирантурах технических вузов.

3. Развитие энергосберегающих и инновационных технологий, использующих существующий в САО РАН научно-технический задел.

Цель работы: широкое внедрение возобновляемых источников энергии, создание условий для производства в промышленных масштабах высокотехнологичных изделий, разрабатываемых в научных лабораториях САО.

Основные задачи:

- Дальнейшее создание установок нетрадиционной энергетики в САО, обеспечивающее реальную экономию энергоресурсов (на уровне 10-15% от всего потребления);
- Использование новых энергосберегающих технологий при создании новых приемно-измерительных комплексов;
- Использование научно-технического потенциала САО для создания демонстрационного полигона и подготовки специалистов в этой области.

5 Привлечение аспирантов и студентов к НИР на оборудовании УСУ

Ежегодно на базе САО РАН проходят практику более 100 студентов 2-6 курсов Московского, Санкт-Петербургского, Ставропольского, Казанского и Уральского государственных университетов, Московского физико-технического института, Южного федерального университета. Проводятся практики четырех типов: ознакомительная, лабораторная, производственная, дипломная.

За отчетный этап на УСУ «БТА» прошли практику студенты Московского гос. университета, Санкт-Петербургского гос. университета, Приволжского федерального университета, Московского физико-технического института, Южного федерального университета, Ставропольского гос. университета

Студентами трех университетов (Приволжского и Южного федеральных и Ставропольского государственного) выполнены курсовые и дипломные работы. Два студента Приволжского федерального университета – Габдеев М.М. и Кичигина Л.А. в ходе этапа НИР прошли производственную практику и подготовили материал для защиты дипломных работ в 2011 году. Тема М. Габдеева – «исследование тесных двойных систем», Л. Кичигиной – «магнитные поля звезд Главной последовательности, их происхождение и эволюция».

Студенты Таганрогского технического института Южного федерального университета Зорич В.Н. и Кошелева В.А. – проходили производственную практику, изучая способы применения современных и перспективных светоприемников на УСУ БТА.

Студентка ГАИШ МГУ Леонова С.И. участвовала в процессе наблюдений на оптических телескопах и получила фактический материал для собственной дипломной работы, посвященной фотометрическому исследованию звезд в рассеянных звездных скоплениях.

Студент Московского института стали и сплавов Митиани Г.Ш. проходил производственную практику, изучая архитектуру построения современных светоприемных систем.

Целью производственной практики студента ГАИШ МГУ Каткова И.Ю. был набор фактического материала для дипломной работы по теме «кинематика газа и звезд в газовых туманностях», участие в процессе наблюдений с фокальным редуктором SCORPIO, разработка программного обеспечения для анализа наблюдательных данных.

Аспирант Медведев А.С. проходил стажировку на УСУ БТА, получая наблюдательный материал, разрабатывая программное обеспечение для анализа данных

по теме «источнике рентгеновского излучения в ближайших галактиках». Эта работа должна завершиться представлением кандидатской диссертации в ближайшие месяцы.

Студентка 3 курса Уральского государственного университета Смирнова К.И. проходила на УСУ БТА производственную практику, изучая методику спектральных и интерференционных исследований с фокальным редуктором SCORPIO.

Студент Северо-Кавказского технического университета И.А.Кузнецов проходил производственную практику на комплексе УСУ БТА, изучая архитектуру распределенной системы управления телескопом, принципы связи и функциональные возможности локальных контроллеров, осуществляющих контроль за исполнительными механизмами телескопа.

6 Обобщение и оценка результатов исследований на УСУ БТА.

Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод об успешном выполнении поставленных научных задач на уникальном оборудовании УСУ БТА и соответствии этого выполнения мировому уровню научных исследований, проводимых в области наземной астрономии. Представленные материалы свидетельствуют о том, что в ходе выполнения НИР обеспечено полное использование рабочего времени УСУ БТА, минимальные потери рабочего времени из-за технических причин, а также созданы условия для достижения высоких значений использования («загрузки») дорогостоящего оборудования в учебном и научном процессах.

Среди научных исследований, выполненных на УСУ БТА следует выделить исследования эффекта микролинзирования для кратного квазара, обнаружение 2 новых гравитационных линз по спектральным данным, полученным на УСУ БТА в сотрудничестве с коллегами из Англии, проведение первых спектрополяриметрических наблюдения выборки ядер активных галактических ядер, открытие самой далекой галактики на красном смещении $z=0.07$, обладающей полярным кольцом, получение первых результатов измерений полей скоростей ионизованного газа в близких карликовых галактиках, подтверждение открытия новой яркой голубой звезды в близкой карликовой галактике DDO68, наблюдения эволюции интереснейшей двойной системы V838 Mon, указывающие на то, что остаток взрыва красной новой звезды полностью поглотил горячий компонент системы, изучение звездной и газовой составляющей дисковых галактик, видимых с ребра, изучение кандидатов в ярчайшие голубые звезды в ближайшей к нам галактике M33, результаты исследования слабых и далеких кольцевых галактик, исследования классических новых звезд в нашей Галактике и галактиках, близких к нам.

Полученные научные результаты отличаются оригинальностью и новизной, а существующее научное оборудование остается востребованным как российскими, так и зарубежными учеными.

В частности, на третьем этапе НИР количество пользователей УСУ составило 17 организаций, на текущем этапе эта цифра составила 9 организаций. В результате количество организаций – пользователей составило 26 организаций при плане на 2010 год в 25 организаций. Список пользователей и научных тем, решаемых ими на УСУ БТА, приведен в отдельной форме.

В ходе проведения НИР была проведена модернизация ряда наблюдательных методов - спекл-интерферометрического комплекса, спектральных методов высокого разрешения, был создан новый многомодовый фокальный редуктор светосилы,

предназначенный для решения широкого круга астрофизических задач, начата эксплуатация системы регистрации инфракрасного излучения. Результаты проведенного тестирования и аттестации модернизируемых и вновь созданных методов свидетельствуют о высоком техническом уровне, достигнутом в САО РАН, в части создания современного научного оборудования. Таким образом, эти методы смогли обеспечить: высокий уровень научных исследований, сопоставимый с мировым, вовлечение в исследовательскую работу молодых ученых, аспирантов и студентов, повышение эффективности научных исследований.

Анализ представленных заявок на использование ресурсов УСУ БТА позволил своевременно готовить расписание работы УСУ на следующее полугодие. В рамках НИР подготовлена программа работ УСУ на 2011 год.

В рамках НИР обеспечено вовлечение молодых специалистов в научный процесс на УСУ БТА. При плановых показателях 35 человек к выполнению исследований и разработок привлечено 37 человек, из них – на отчетном этапе – 16 человек, в том числе – 1 аспирант и 12 студентов.

Результаты проведенных НИР, могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, направленных на создание современных высокочувствительных приемных комплексов оптического диапазона.

Результаты разработок могут быть использованы на других установках, использующихся как для фундаментальных, так и прикладных целей. Результаты НИР, полученные с использованием УСУ БТА, могут быть востребованы учеными АКЦ ФИАН, ГАО РАН, ГАИШ МГУ, ИКИ РАН, Института астрономии РАН, СПбГУ, КазГУ, ЮФУ.

Разработки в области создания новой чувствительной светоприемной аппаратуры планируются к применению в задачах контроля околоземного космического пространства.

Поведенная технико-экономическая оценка полученных результатов указывает на высокую эффективность понесенных затрат, особенно при создании нового научного оборудования. Использование только отдельных компонентов вместо приобретения готовых комплексов научного оборудования позволяет добиваться почти 2-кратной экономии средств.

Заключение.

Принимая во внимание приведенные выше материалы и результаты работы УСУ БТА в ходе проведения завершающего четвертого этапа НИР и всего периода выполнения НИР, приходим к выводу, что в целом задачи, поставленные Заказчиком перед Исполнителем, выполнены.

Так, в отчетах по выполнению всех этапов продемонстрировано, что в ходе всей НИР на оборудовании УСУ БТА успешно проводились научные исследования в соответствии с решениями Программного комитета, своевременно проводилась работа по анализу результатов работы телескопа, готовились расписания работы инструмента на 2010 и 2011 годы.

В настоящем отчете приведен ряд научных результатов, полученных с использованием оборудования УСУ БТА по исследованию физики звезд и галактик – изучена кинематика карликовых галактик, получены данные о химическом составе групп карликовых галактик, проведено изучение звездного населения линзовидных галактик, получены спектры классических новых в нашей галактике и ближайших к нам галактиках, изучена быстрая переменность блеска уникальной звезды и др.

В части Технического задания, направленного на техническое перевооружение комплекса БТА были продолжены работы по внедрению новых детекторов излучения для УСУ БТА, начата их эксплуатация. Проведены исследования и получены первые научные результаты с новыми системами регистрации с крупноформатными детекторами 2048x4600 элементов на фокальном редукторе первичного фокуса SCORPIO, позволившим более чем вдвое повысить потенциальные возможности этих приборов, для модернизации методов наблюдений, реализующих предельно высокое пространственное разрешение на УСУ БТА внедрены системы регистрации изображений на базе EM CCD производства Andor(Ireland), введена в эксплуатацию система получения прямых снимков ИК-диапазона для телескопов БТА и Цейсс-1000, завершена разработка системы управления телескопом Цейсс-1000 с установкой уже приобретенных цифровых управляемых приводов и обеспечением удаленных наблюдений, проведена модернизация метода звездных спектральных наблюдений на спектрографе ОЗСП УСУ БТА, выполнено проектирование и изготовление нового редуктора светосилы для первичного фокуса УСУ БТА.

В ходе выполнения НИР проведена закупка необходимых компонентов для дооборудования комплекса УСУ БТА. Их установка и ввод в эксплуатацию осуществлены в ходе проведения НИР.

Все технические решения, использованные в этих работах, базируются на современной элементной базе и с применением высокопроизводительных вычислительных средств.

Технические решения в части внедрения приемников регистрации излучения и создания аппаратуры удаленного управления могут быть рекомендованы для применения на аналогичных астрономических телескопах, применяемых в фундаментальной и прикладной науке. Достигнутый научно-технический уровень работ сопоставим с мировым уровнем, что подтверждается растущими запросами зарубежных ученых по использованию оборудования УСУ. В отчете предоставлен перечень услуг коллективного пользования, оказанных в ходе выполнения первого этапа НИР.

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что в ходе проведения настоящей НИР исполнителям удалось выполнить поставленные перед ними задачи, Провести комплексные исследования астрофизических объектов методами оптической астрономии, обеспечить выполнение междисциплинарных исследований взаимоконтролирующими и взаимодополняющими методами по заказам организаций на базе имеющихся на УСУ БТА специализированных комплексов.

Полученные результаты и разработанные методы ориентированы на широкое применение в научно-исследовательских организациях страны, в ходе выполнения НИР осуществлено научно-методическое и приборное обеспечение научно-исследовательских работ, проводимых организациями Российской Федерации, предоставлен приоритет научно-методического и приборного обеспечения организациям, проводящим исследования по государственным контрактам, заключенным в рамках мероприятий Программы.

Как следует из отчетных документов, разрабатываемые и модернизируемые в рамках НИР методы исследований на УСУ БТА обеспечили высокий уровень научных исследований, сопоставимый с мировым, вовлечение в исследовательскую работу молодых ученых, аспирантов и студентов, повышение эффективности научных исследований, повышение рейтинга ведущихся в стране исследований за счет публикации их результатов в ведущих мировых научных изданиях.

Проведенная технико-экономическая оценка полученных результатов позволяет утверждать, что в ходе проведения НИР удалось добиться существенной экономии бюджетных средств за счет приобретения за рубежом только основных комплектующих, о изготовление всего комплекса оборудования было реализовано силами CAO РАН и ряда российских предприятий.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расписание наблюдений на УСУ БТА.

РАСПИСАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ НА БТА с 1 января по 30 июня 2011 года

Период наблюдений	Программы блока (число ночей)	Институт Заявитель	Фокус Аппаратура	Руководитель наблюдений
01.01 сб	Резерв директора	(1)		
02.01–03.01 вс–пн	Ультраяркие рентген. источники (2)	САО Фабрика	ПФ Scorpio/ LS	Валеев
04.01–07.01 вт–пт	Спектроскопия выборки далеких объектов (4)	САО Додонов	ПФ Scorpio/ MS	Додонов
08.01–11.01 сб–вт	Микросекундные спектры пульсаров (1)	САО Бескин	ПФ МАНИЯ	Плохотниченко
	Поляризация блазара 0716+715 (1)	АКЦ ФИАН Кардашев		
	Вспышки красных карликовых звезд (2)	ГАО Степанов		
12.01–17.01 ср–пн	Околосветная пыль в В[e] двойных (4)	USA Мирошниченко	H2 НЭС	Юшкин
	Кандидаты в прото-планетарные туманности (1)	САО Клочкова		
	Быстрая переменность CI Cam (1)	САО Барсукова		
18.01–19.01 вт–ср	Профилактика БТА	(2)		
20.01–24.01 чт–пн	Магнитные поля массивных звезд (2)	САО Романюк	H2 ОЗСП НЭС	Кудрявцев
	Новые магнитные звезды (3)	САО Кудрявцев		
25.01–26.01 вт–ср	Резерв директора	(2)		
27.01–01.02 чт–вт	Карликовые галактики в облаке CVnI (1)	САО Караченцев	ПФ Scorpio/ IM,LS	Кайсин
	Эволюция карликовых галактик (3)	САО Пустильник		

	Оптич. излучение близких пульсаров (2)	АКЦ ФИАН Курт		
02.02–05.02 ср–сб	Кольцевые галактики в обзоре SDSS (2)	САО Моисеев	ПФ Scorpio/ IFP,LS	Моисеев
	Джеты в сейфертовских галактиках (2)	САО Смирнова		
06.02–12.02 вс–сб	Внешние диски галактик с поляр. кольцами (3)	ГАИШ Сильченко	ПФ Scorpio/ IFP,LS	Афанасьев
	Вспышки и истечения из карлик. галактиках (2)	Germany Bomans	SPOL	
	Спектрополяриметрия звезд с оболочками (2)	САО Панчук		
13.02–16.02 вс–ср	Интерферометрия магнитных звезд (4)	САО Растегаев	ПФ спекл	Растегаев
17.02–18.02 чт–пт	Профилактика БТА	(2)		
19.02–20.02 сб–вс	Избранные магнитные звезды (2)	САО Семенко	H2 HЭС	Семенко
21.02–23.02 пн–ср	СР-звезды со сложными магнитными полями (3)	САО Глаголевский	H2 ОЗСП	Чунтонов
24.02–28.02 чт–пн	Ультраяркие рентген. источники (2)	САО Фабрика	ПФ Scorpio/ LS	Валеев
	Массивные звезды в других галактиках (2)	САО Валеев		
	Спектры и фотометрия Сверхновых (1)	САО Москвитин		
01.03–09.03 вт–ср	Кинематика дисков и ядерные образования(4)	ГАИШ Черепашук	ПФ Scorpio/ LS	Додонов
	Красное смещение скоплений галактик(3)	ИКИ РАН Буренин		
	Околоядерные области сейф. галактик (2)	САО Афанасьев		
10.03–11.03 чт–пт	Спектры тесных рентген. двойных (2)	ГАИШ Катышева	ПФ Scorpio/ LS	Борисов
12.03–13.03 сб–вс	Массивные звезды в других галактиках (1)	САО Валеев	ПФ Scorpio/ LS,IM	Валеев
	Карликовые галактики в облаке CVnI (1)	САО Караченцев		

14.03–16.03 пн–ср	Кандидаты в прото- планетарные туманности (2)	САО Клочкова	Н2 НЭС	Юшкин
	Лучевые скорости клас- сических цефеид (1)	ИНАСАН Саванов		
17.03–18.03 чт–пт	Профилактика БТА	(2)		
19.03–23.03 сб–ср	Звезды типа omi Cet (3)	САО Дьяченко	ПФ спекл	Дьяченко
	Кратные системы среди G-карликов (2)	Chile Токовинин		
24.03–25.03 чт–пт	Резерв директора	(2)		
26.03–30.03 сб–ср	Сверхновые и звездный ветер в галактиках (3)	ГАИШ Лозинская	ПФ Scorpio/ IFP,LS	Афанасьев
	Удаленные активные кометы (2)	Киев Корсун		
31.03–06.04 чт–ср	Группы карликовых галактик (2)	САО Макаров	ПФ Scorpio/ IFP, LS	Макаров
	Взаимодействие в галактиках (2)	АИ СПбУ Гаген-Торн		
	Дисковые галактики ранних типов (3)	ГАИШ Засов		
07.04–11.04 чт–вс	Дисковые галактики, видимые с ребра (2)	АИ СПбГУ Сотникова	ПФ Scorpio/ LS,SPOL	Моисеев
	Кольцевые галактики в обзоре SDSS (2)	САО Моисеев		
	Околоядерные области сейф. галактик (1)	САО Афанасьев		
12.04–14.04 пн–чт	Резерв директора	(3)		
15.04–17.04 пт–вс	Кандидаты в прото- планетарные туманности (2)	САО Клочкова	Н2 НЭС	Юшкин
	Лучевые скорости клас- сических цефеид (1)	ИНАСАН Саванов		

18.04–19.04 пн–вт	Профилактика БТА	(2)		
20.04–23.04 ср–сб	Избранные магнитные звезды (2)	САО Семенко	Н2 НЭС ОЗСП	Семенко
	Магнитные поля массивных звезд (2)	САО Романюк		
24.04–25.04 вс–пн	Резерв директора	(2)		
26.04–30.04 вт–сб	Сверхновые и звездный ветер в галактиках (1)	ГАИШ Лозинская	ПФ Scorpio/ IFP,LS	Смирнова
	Околоядерные области сейф. галактик (1)	САО Афанасьев		
	Жесткие рентгеновские источники (3)	ИКИ РАН Лутовинов		
01.05–02.05 вс–пн	Резерв директора	(2)		
03.05–06.05 вт–пт	Магнитные поля в AGN (4)	ГАО РАН Нацвлишвили	ПФ Scorpio/ SPOL	Борисов
07.05–10.05 сб–вт	Спектры и фотометрия Сверхновых (1)	САО Москвитин	ПФ Scorpio/ LS	Фатхуллин
	Карликовые галактики в облаке CVnI (2)	САО Караченцев		
	Группы карликовых галактик (1)	САО Макаров		
11.05 ср	Резерв директора	(1)		
12.05–18.05 чт–ср	Литий в магнитных CP-звездах (3)	КраО Полосухина	Н2 НЭС, ОЗСП	Кудрявцев
	Спектроскопия гоAr-звезд (2)	ИНАСАН Сачков		
	Микропеременность в OB-звездах (2)	АИ СПбУ Холтыгин		
19.05–20.05 чт–пт	Профилактика БТА	(2)		
21.05–23.05 сб–пн	Резерв директора	(3)		

24.05–27.05 вт–пт	Взаимодействие компонент в ТДС (4)	Казань ГУ Сахибуллин	ПФ Scorpio/ LS	Борисов
28.05–29.05 сб–вс	Взаимодействие в галактиках (2)	АИ СПбУ Гаген-Торн	ПФ Scorpio/ IFP	Буренков
30.05–31.05	Пекулярные новые звезды (1)	ГАИШ Горанский	ПФ Scorpio/ LS	Москвитин
	Спектры и фотометрия Сверхновых (1)	САО Москвитин		
01.06–04.06 ср–сб	Резерв директора	(4)		
05.06–08.06 вс–ср	Спектрополяр. холодных белых карликов (2)	ГАО Пиотрович	ПФ Scorpio/ SPOL	Борисов
	Спектрополяриметрия AGN (2)	САО Шаповалова		
09.06–11.06 чт–сб	Звезды в ассоциации Cas OB6 и Ser OB1 (2)	САО Ченцов	H2 HЭС	Юшкин
	Транзитная система HD189733 (1)	Киев Видьмаченко		
12.06–13.06 вс–пн	Профилактика БТА	(2)		
14.06–16.06 вт–чт	Кратные системы среди G-карликов (3)	Chile Токовинин	ПФ спекл	Малоголовец
17.06 пт	Транзитная система HD189733 (1)	Киев Видьмаченко	H2 HЭС	Юшкин
18.06–21.06 чт–пн	Фундамент. параметры кратных систем (4)	САО Малоголовец	ПФ спекл	Малоголовец
22.06–24.06 ср–пт	Резерв директора	(3)		
25.06–30.06 сб–чт	Вспышки красных карликовых звезд (2)	ГАО Степанов	ПФ МАНИЯ	Карпов
	Поиски одиночных черных дыр (2)	САО Карпов		
	Микросекундные спектры пульсаров (2)	САО Бескин		
* 4 ночи из	резерва выделяются	для	программы	Соколова

Условные обозначения

Фазы Луны ПФ, Н1, Н2: фокусы БТА -первичный, Нэсмит-1,-2.

Новолуния:

04.01 ОЗСП - основной звездный спектрограф в Н2
03.02 NES - эшелле-спектрометр высокого разрешения в Н2
04.03 спекл - цифровой спекл-интерферометр в ПФ
03.04 MPFS - мультиспектральный спектрограф в ПФ
03.05 МАНИЯ - комплекс регистрации в Н2, ПФ
02.06

 SCORPIO -многомодовый спектрограф в ПФ

Полнолуния: моды: IM -прямые снимки

 MS - многоцелевая спектроскопия

19.01 IFP - интерферометрия с эталоном Фабри-Перо

17.02 LS - спектроскопия с длинной щелью

19.03 SPOL - спектрополяриметрия

17.04

17.05

15.06

Средняя местная полночь в 0 час 14 мин по московскому зимнему времени

Директор САО

чл-корр РАН

Ю.Ю. Балег

октября 2010 г