

Наблюдения в Пулковской обсерватории

Особенности астрометрических наблюдений

Во-первых, для высокоточных астрометрических исследований нужен длиннофокусный рефрактор. Пулковский 26-дюймовый рефрактор – единственный в России длиннофокусный инструмент, пригодный для целей высокоточной относительной астрометрии, с Защитной парковой зоной, установленной законодательно.

Во-вторых, для астрометрических наблюдений важно иметь в поле зрения достаточное количество опорных звезд, не имеющих сильное отличие в блеске от определяемого объекта. Поле зрения сейчас ограничено ПЗС-камерой и составляет 12x12 угл. мин.

Во-третьих, идеальная прозрачность и чистота воздуха более важны как раз для зеркальных астрофизических инструментов, чем для линзовых. Именно поэтому крупные современные астрофизические обсерватории размещают в основном вдали от городов и высоко в горах. Астрометрические же наблюдения зависят от атмосферных условий намного меньше, и могут выполняться в условиях пригорода, если атмосфера достаточно спокойна и яркость неба невелика. Современные ПЗС-камеры позволяют делать качественные в астрометрическом отношении кадры даже через легкую дымку.

В четвертых, наземные наблюдения до сих пор актуальны. Космические телескопы имеют ограниченный срок работы, чрезвычайно дороги и нуждаются в наземной поддержке. Работают в сканирующем режиме, не могут регулярно наблюдать избранные объекты. Используются только в режиме обзора. Большинство из них – астрофизические. Астрометрических за всю историю космической астрономии всего два – HIPPARCOS (кстати, точности наблюдений в Пулкове того же порядка что и у этого телескопа) и GAIA. Наземные наблюдения необходимы для верификации космических, для сопровождения открытых быстро движущихся объектов. Вот сейчас обнаружилась необъяснимая разница для некоторых звезд между космическими GAIA и наземными наблюдениями.

Вопросы цитирования

Традиционно, астрометрические работы имеют более низкую цитируемость, чем астрофизические. Это обычная ситуация для классических работ с устоявшейся отполированной годами методикой. Результаты сразу же разбираются по специализированным базам данных и каталогам (например Binary star DataBase, BDB, <http://bdb.inasan.ru>, WDS catalog или база данных ГАИШ МГУ,) и в дальнейшем цитируются именно каталоги и базы данных.

Кроме того, не все исследователи ставят ссылки на публикации с наблюдениями или MPC циркуляры. Например, у астероида 2008 TC₃ больше трети наблюдений были пулковские. При этом ссылок на источник в публикациях — нет. В статьях о теориях движения вообще никаких ссылок на какие-либо наблюдения или базы данных нет. С астрометрическими наблюдениями такая ситуация не уникальна. Было обсуждение, связанное с наблюдениями комплекса КВАЗАР-КВО, который обеспечивал одно время чуть ли не 20% объёма всех мировых астрометрических радионаблюдений, и вопрос был — как же так, все используют наблюдения, а наукометрических показателей это не даёт.

Современное состояние астроклимата Пулковских высот

Оснащение телескопов чувствительными ПЗС-камерами в начале 2000-х позволило нивелировать вред уже существующей застройки и даже значительно повысить точность и проникающую силу.

В настоящее время яркость неба над Пулковской обсерваторией по данным ПЗС-наблюдений составляет 19.5-19.8 зв. вел. на кв. угл. сек. в направлении зенита и для наблюдений доступны объекты до 19.5 звездной величины для 26-дюймового рефрактора, телескопа ЗА-320 и 1 м зеркального телескопа (Девяткин, А. В., 2004; Khovritchev, M. Yu. et al, 2015).

Точность определения экваториальных координат с опорным каталогом по ПЗС-наблюдениям на разных инструментах составляет 0.020 – 0.100 угл. сек., а точность определения относительных координат в системах двойных и кратных звезд – 0.004 угл. сек. для 26-дюймового рефрактора (Izmailov, I. S.; Roshchina, E. A., 2016).

Вопреки сложившемуся мнению количество ясных ночей в Пулково не так уж и мало – 130-150 ночей в год, что подтверждается журналами наблюдений (журнал наблюдений 26-дюймового рефрактора доступен online с декабря 2011 г. по адресу <http://izmccd.puldb.ru/jour3.php>), статистика наблюдений приводится в работе (Izmailov, I. S.; Roshchina, E. A., 2016).

Такое количество наблюдательных ночей было достигнуто в последние 6 лет после введения автоматической системы контроля погоды, но в 1969 г. было 169 ночей наблюдений, когда руководство лаборатории предъявляло суровые требования к дисциплине наблюдателей (см. Рис.1).

Распределение количества наблюдений (пластинки или серии ПЗС-кадров для 1 объекта) по годам (для 2016 г. по октябрь, кроме того, из-за ремонта фасада временно не работала главная камера системы мониторинга погоды, что сказалось на производительности)

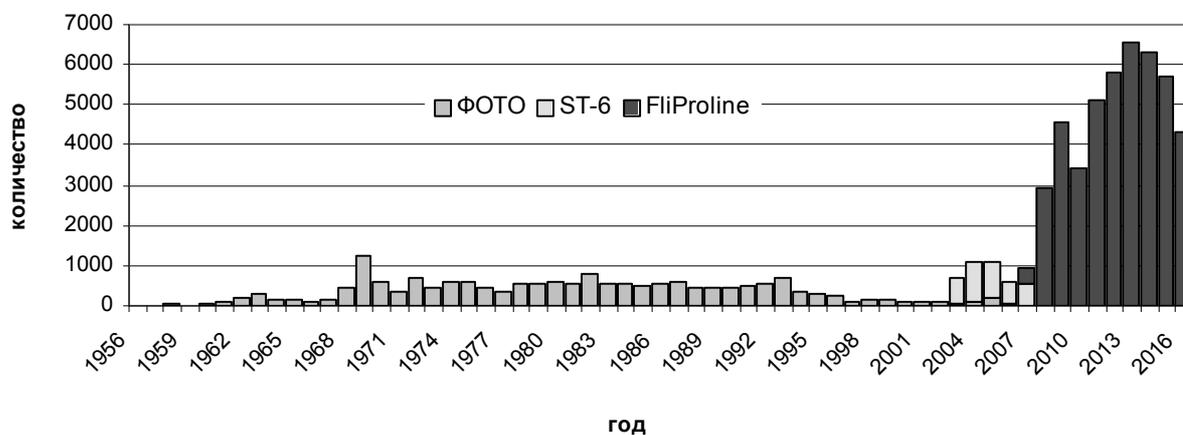


Рис. 1. Количество серий наблюдений, по годам. Для 2016 г. данные по октябрь месяц, кроме того, в 2016-м году система контроля погоды была временно демонтирована из-за ремонта фасада. Источник – база фотопластинок, электронные журналы наблюдений.

Статистика наблюдений на ZA 320

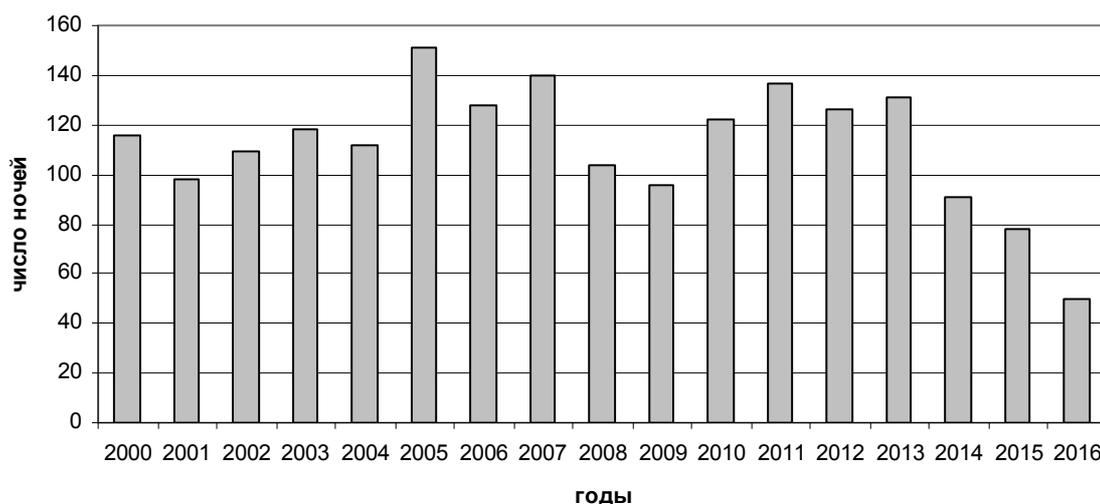


Рис. 2. Количество ночей наблюдений для ZA-320, по годам. Малое количество наблюдательных ночей в 2014-2016 гг. связано с проводимой в эти годы модернизацией инструмента. Данные предоставлены зав. телескопом Д.Л. Горшановым.

Пулковская обсерватория обладает преимуществом, которого нет у большинства других мировых обсерваторий, – она способна эффективно работать, осуществлять уникальные наблюдения, даже находясь в относительной близости от огромного мегаполиса. Трехкилометровая защитная зона вокруг нее обеспечивает достаточно качественный для нужд астрометрии астроклимат. Пулковские телескопы несовременны, но именно благодаря своей стабильности и длинной истории регулярных наблюдений они позволяют делать высококачественные астрометрические наблюдения. Длительность, точность и регулярность пулковских наблюдений отмечают и исследователи из других научных учреждений:

«Отметим, что средние значения и среднеквадратичные ошибки наблюдений в Пулкове, ставшие доступными недавно, меньше, чем для наблюдений, полученных в обсерватории Flagstaff, несмотря на то, что условия наблюдений в последней обсерватории значительно лучше»

Питьева Е.В., Астрометрические наблюдения для построения планетных эфемерид, 2016, Материалы Всероссийской астрометрической конференции "Пулково-2015", Изв. ГАО № 223, с. 67.

«По длительности и регулярности наблюдений ГАО сравнима только с Гринвичской обсерваторией, которая, к большому сожалению, прекратила свою работу»

Н. Емельянов, 2014, <http://www.svoboda.org/a/26539704.html>

Актуальность современных наземных астрометрических наблюдений

Астрометрия является одним из необходимых разделов астрономии, дающим экспериментальную информацию, необходимую для развития остальных разделов (астрофизики, космологии, космогонии, небесной механики, и т. п.). (с) Википедия

Цели наземных астрометрических наблюдений в Пулкове:

- Обеспечение опорной системы отсчёта на Земле (широтные наблюдения);

- Получение астрометрических параметров для как можно большего количества различных объектов из окрестностей Солнца – близких звезд поздних спектральных классов, двойных и кратных звезд, звезд с невидимыми спутниками, для изучения их динамики;
- Изучение эффекта микролинзирования;
- Накопление мониторинговых наблюдений для улучшения теорий движения Земли и тел Солнечной системы;
- Установления связи между космической и динамической системами координат
- Наблюдения опасных астероидов, сближающихся с Землей.

Наблюдения планет и их естественных спутников дают материал, необходимый для построения и уточнения теорий движения небесных тел. В свою очередь, совершенствование теорий важно не только для согласования звездной и динамической систем координат, но и для обеспечения космических миссий более точными эфемеридами. Для построения эфемерид тел Солнечной системы ЕРМ используются данные Пулково, в последнем варианте ЕРМ2015 были использованы наблюдения по 2013 год, причём, что интересно, ошибки оказались меньше, чем, например, для наблюдений флагстафской станции.

В эпоху GAIA астрометристы рассчитывают на кардинальный прогресс в построении опорной системы в оптическом диапазоне. Полностью реализовать потенциал будущего каталога GAIA для изучения динамики Солнечной системы можно с помощью инструментов, обеспечивающих плотные ряды наземных наблюдений на уровне точности 10 - 50 мсд. Важны сейчас и будут важны в будущем астрометрические наблюдения объектов, интересных с динамической точки зрения (спутников больших планет, околоземных астероидов, астероидов, находящихся в неустойчивых резонансах). Особую роль играют фотометрические наблюдения взаимных явлений – затмений или покрытий спутников. Результаты анализа кривых блеска спутников, полученные во время взаимных явлений, позволяют получить особо точные астрометрические данные.

Актуальность наблюдений опасных астероидов, сближающихся с Землей, очевидна. Необходимо заметить, что в 2008 г. именно пулковский инструмент ZA-320 дал 2/3 мировых наблюдений астероида, упавшего в Судане, и эти наблюдения были использованы для оперативного определения траектории астероида.

Астрометрические и фотометрические наблюдения в Пулковке в 2013-2016 гг. (по данным годовых отчетов астрометрических лабораторий)

Астрометрические и фотометрические наблюдения выполняются в Пулковке две лаборатории: Лаборатория наземной астрометрии (ЛНА) и лаборатория астрометрии и звездной астрономии (ЛАЗА). Наблюдения в 2013-2016 гг. входили в следующие темы НИР:

- «ЭКВАТОРИУМ — Комплексное исследование тел Солнечной системы и других планетных систем на основе позиционных и фотометрических наблюдений», НИОКТР № 01201257347, 2012-2014 гг.
- «ГНОМОН — Комплексное исследование тел Солнечной системы и других планетных систем на основе позиционных и фотометрических наблюдений», НИОКТР № 01201452587, 2014-2016 гг. (продлена на 2017 г.)
- «СОЛАРИС — Кинематика и физика тел Солнечной системы и звезд ближайшего килопарсека на основе астрометрических наблюдений и данных виртуальных обсерваторий». НИОКТР №01201257346, 2012-2014 гг.
- «КОСМОГРАФИЯ — Астрометрические исследования от тел Солнечной системы до близких звезд», НИОКТР №01201452586, 2014-2016 гг. (продлена на 2017 г.)

Наблюдательные проекты в Пулковке поддерживаются грантами:

- РФФИ № 12-02-31095-мол_а, "Исследование экзопланет методами оптической фотометрии и поиск новых экзопланет на основе методов изменения моментов времени и продолжительности транзитов, а также изменения элементов орбит".
- РФФИ № 12-02-00675-а, «Астрометрическое исследование малых тел Солнечной системы с целью уточнения теорий их движения на основе позиционных наблюдений» 2012-2014
- Грант РФФИ № 15-02-03025а «Фотометрические и астрометрические исследования взаимных явлений в системах спутников Юпитера на телескопах обсерваторий России в 2015г.»
- Грант РФФИ, проект 12-02-00185-а «Регулярная и хаотическая динамика кратных звезд: наблюдения и численные эксперименты»
- Программа Президиума РАН №41 «Нестационарные явления в объектах Вселенной»
- Программы Президиума РАН №9, 22 и 7 раздел 4, п.4.2, «Позиционные наблюдения спутников планет и исследование их динамики с целью уточнения теорий движения»
- Российско-Английский грант № 14-02-92615-КО_а, "Поиск и исследование экзопланет на основе тайминга прохождений и лучевых скоростей"
- Грант Президента РФ МК-733.2014.2, "Поиск и исследование внесолнечных планетных систем методом тайминга планетных прохождений"
- Исследование тел Солнечной системы в рамках структуры Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы». «Исследование и поиск внесолнечных планет» (2013).
- Грант СПбГУ №6.37.341.2015, «Анализ различных способов воздействия на астероиды, сближающиеся с Землей»

Наблюдения ведутся на четырех телескопах (см. Таблицу 1)

Таблица 1. Действующие телескопы, расположенные в Пулковской обсерватории (084), на южной окраине Санкт-Петербурга на высоте 75 м над уровнем моря; координаты: 59° 46' 15" с.ш., 30° 19' 40" в.д.

Телескоп	Характеристики	Камера	Зав. инструментом	Лаборатория
26"-рефрактор (с 1956 г.)	D=650 мм, F=10413 мм	FLIProline 09000 3056x3056, 1 px=0.012 мм, FOV 12'x12', M=0.24 "/px	Измайлов И.С.	ЛАЗА
Нормальный астрограф – рефрактор (с 1894 г.)	D=330 мм F=3467 мм	SBIG ST-L-11K , FOV = 35'x23', M=0.533 "/pix.	Ховричев М.Ю.	ЛАЗА
3А-320 Зеркальный астрограф системы Кассегрена (с 1997 г.)	D=320 мм F=3200 мм	SBIG STL-16803 FOV=39'x39' M=0.6 "/pix	Горшанов Д.Л.	ЛНА
«Сатурн» - рефлектор системы Ньютона (с 2015 г.)	D=1000 мм F=4000 мм	SBIG ST-L-11K , FOV = 14'x14', M=0.833 "/pix.	Рощина Е.А.	ЛАЗА

Таблица 2. Статистика наблюдений. ПЗС-серии могут состоять из 40 до 500 кадров.

Телескоп	2013	2014	2015	2016
26"-рефрактор (с 1956 г.)	152 ночи, 5387 серии кадров	140 ночей 6308 серии	151 ночь 5707 серий	129 ночей, 4653 ПЗС-серии
Нормальный астрограф – рефрактор (с 1894 г.)	28 ночей	21 ночь 3120 ПЗС-кадров	24 ночи, 8934 ПЗС-кадров	14 ночей, 4335 ПЗС-кадров
3А-320 Зеркальный астрограф системы Кассегрена (с 1997 г.)	131 ночь, 29823 кадра	91 ночь Модернизация	78 ночей Модернизация	50 ночей Модернизация
«Сатурн» - рефлектор системы Ньютона (с 2015 г.)	Наблюдений нет, модернизация инструмента	3 ночи в октябре 2014 г. – «первый свет»	22 ночи с января по май 2015 г. в тестовом режиме	Модернизация, 3 ночи в октябре 2016г. пробные, 458 кадров

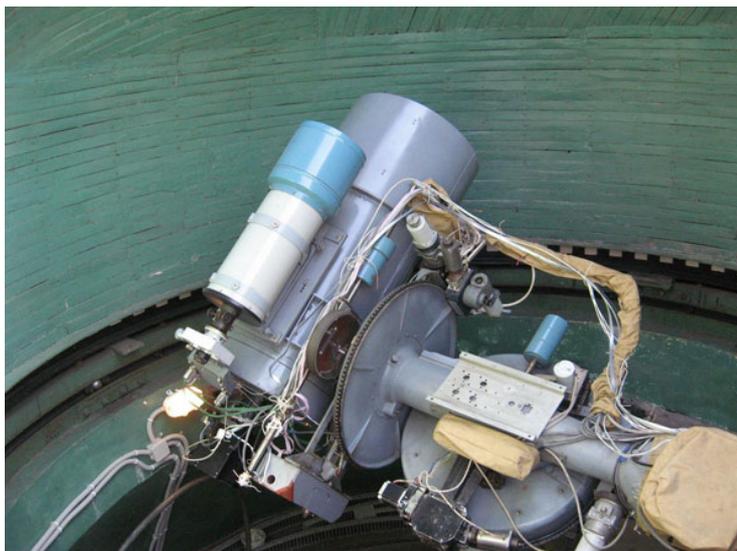
Телескопы и научные результаты



1) 26-дюймовый рефрактор – крупнейший инструмент этого типа в Европе и один из самых продуктивных в мире по наблюдению широких пар двойных звезд – к настоящему времени накоплено более 30 тыс. наблюдений (Вашингтонская спекл-камера WSI – 28 тыс. http://ad.usno.navy.mil/wds/misc/top_twentyfive.txt). Для астрономии очень важно знать, как движутся эти звезды. Полный оборот относительно друг друга эти звезды совершают за сотни и тысячи лет. Поэтому широкие двойные нужно наблюдать очень долго и с высокой точностью с одного телескопа, чтобы определить орбиты и массы звезд. Зная орбиты, мы определяем массы этих звезд. Свежая публикация по наблюдениям двойных звезд, выполненным на данном телескопе - в 2016 году (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AstBu..71..225I>). Итоги 60-ти лет наблюдений признаны Важнейшим достижением в области астрономических исследований по решению НСА РАН.



2) Нормальный астрограф – среднефокусный телескоп. В последние годы используется для исследования движения карликовых звезд в окрестностях Солнца, опасных для Земли астероидов, галилеевых спутников Юпитера. Последние результаты были опубликованы в 2015 и 2016-м годах. С помощью этого телескопа были открыты близкие к Солнцу двойные карлики (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AstL...42..686K> и <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015AstL...41..833K>).



3) ZA-320 – среднефокусный зеркальный телескоп. Этот инструмент производит наблюдения опасных для Земли астероидов. Последняя статья была опубликована в 2016 году в самом высокорейтинговом журнале мира – MNRAS (<https://academic.oup.com/mnras>) (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.459.3986D>). Участвует в наземной поддержке космической миссии GAIA (<http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2015A%26A...583A..59T>)

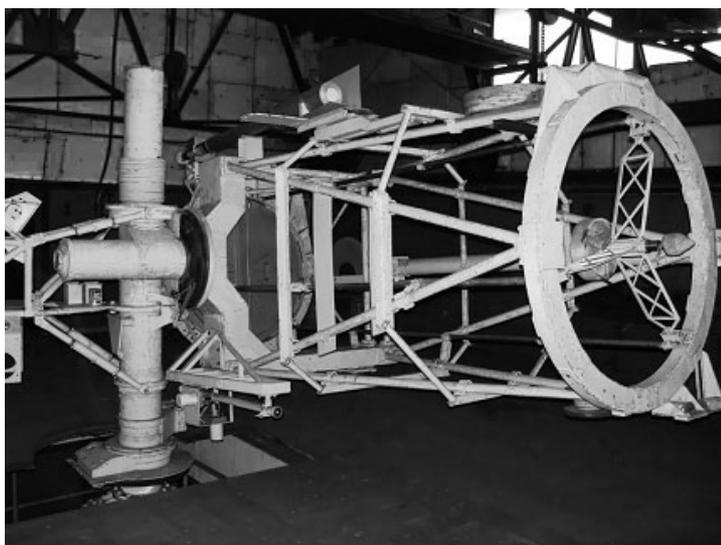


Фото 2012 г. до модернизации.

4) Телескоп “Сатурн”. Этот инструмент наблюдает с января 2015 г. в тестовом режиме после восстановления. Первые результаты были представлены в 2015 году (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015arXiv151101642K>). В России мало телескопов с диаметрами зеркал более 1 метра. Телескоп “Сатурн” был восстановлен для того, чтобы пополнить российский парк инструментов данного класса. Сейчас на этом телескопе ведутся наблюдения близких карликовых звезд, опасных астероидов, далеких спутников Юпитера.

В 2015 году на инструментах ГАО выполнялись наблюдения взаимных явлений в системе галилеевых спутников Юпитера. Эти исследования ведутся во всем мире, ради изучения движения и строения спутников (в том числе и исследования свойств подледного океана спутника Европа, в котором, по мнению астробиологов могут существовать простейшие

формы жизни). Прикладная цель – уточнение теорий движения, уточнение шкал времени, в том числе и тех, что используются для спутниковых навигационных систем (например, ГЛОНАСС). Вклад Пулковской обсерватории – 8.5% от количества наблюдений всех обсерваторий мира вместе взятых (2 место среди 74-х обсерваторий мира). Публикация об этом скоро появится в одном из ведущих научных журналов мира – Astronomy and Astrophysics (<http://www.aanda.org/>). Пулковские результаты сведены в базу данных <http://puldb.ru/photometry/phemu2014-2015/> и представлены в публикации <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016arXiv161206947K>.

Недавно появилась статья международной команды астрономов (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016ApJ...832L..18J>). В ней сравнивают расстояния до звезд, измеренные с поверхности Земли, с данными лучшего астрометрического космического телескопа Gaia. В этом исследовании использовались расстояния до звезд, измеренные с помощью 26-дюймового рефрактора Пулковской обсерватории (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013MNRAS.435.1083K>). Оказалось, что эти расстояния заметно отличаются, что дает возможность проверить качество космического телескопа.

Таким образом, наблюдения с научной площадки ГАО РАН в Пулкове активно ведутся. Они выполняются на уровне мировых стандартов.

Наблюдательные работы и работы по обеспечению и обработке научных наблюдений в Пулкове, признанные Достижениями РАН в области астрономии

2003 г. Секция № 9. Астрометрия и небесная механика.

Создан и опубликован первый в стране "Каталог потенциально опасных астероидов и комет". Введена в строй автоматизированная система обнаружения и эфемеридного обеспечения астероидов, сближающихся с Землей (ИПА РАН, ГАО РАН).

2003 г. Секция № 10. Оптические телескопы и приборы.

Создана программно-аппаратная система для автоматизации наблюдений на Пулковском 26" рефракторе. Для контроля наведения и слежения за положением объекта используются цифровые ПЗС-камеры. С применением системы в 2003г. выполнено 680 серий наблюдений кратных звезд. (ГАО: Измайлов И.С. и другие).

2004 г. Секция № 10. Оптические телескопы и приборы.

На базе зеркального астрографа ЗА-320 создан полностью автоматизированный телескоп для астрометрических и фотометрических наблюдений малых тел Солнечной системы. Оснащенность телескопа ПЗС-приемником позволяет изучать объекты до 19.5 звездной величины. (Главная астрономическая обсерватория РАН).

2005 г. Секция № 3. Солнце.

По наблюдениям на Большом Пулковском радиотелескопе (БПР) в см и дм диапазонах волн и данным спутников КОРОНАС-Ф и GOES измерено содержание горячей и холодной плазмы в магнитосферах ряда активных областей. Показано, что горячая компонента с температурой (5-10) x 10⁶ К имеет приблизительно на порядок более высокую плотность, но в общей массе корональной конденсации составляет не более 30%. Наличие в

магнитосфере активных областей плазмы с повышенной температурой даёт новый диагностический критерий её высокой вспышечной активности. (ГАО РАН, САО РАН, ФИАН, ИЗМИРАН. ИСЗФ).

2006 г. Секция № 13. Базы данных и информационное обеспечение.

Астрометрические базы данных Пулковской обсерватории. Создан информационный ресурс, состоящий из трех реляционных баз данных с результатами многолетних наблюдений, полученных в Пулковской обсерватории, и гипертекстовых страниц, содержащих оценки точности современных ПЗС-наблюдений астероидов, наблюдавшихся на обсерваториях всего мира. Ресурс доступен по адресу: <http://www.puldb.ru>. (Е.В.Хруцкая, М.Ю.Ховричев, С.И.Калинин, И.С.Измайлов, Т.П.Киселева (ГАО РАН).)

2008 г. Секция № 9. Астрометрия и небесная механика.

На основе фотографических и ПЗС-наблюдений на 26-дюймовом рефракторе, 3А-320М и нормальном астрографе в 1986-2007гг. получены высокоточные ряды положений спутников Юпитера, Сатурна и Урана, которые могут использоваться для построения и улучшения теорий движения спутников планет. Из обработки фотометрических наблюдений обнаружено, что Гиперион находится в хаотическом режиме вращения, а вращение Фебы является регулярным (ГАО РАН).

2009 г. Секция № 9. Астрометрия и небесная механика.

На основе анализа оперативных астрометрических и фотометрических наблюдений астероида 2008 ТС3, проведенных в ГАО РАН за 19 часов до его столкновения с Землей, получены оценки физических и динамических параметров астероида абсолютной звездной величины ($31.3m \pm 0.30m$), диаметра (5.2 м) и массы (20 т) (ГАО РАН)

2010 г. Секция № 1. Структура и динамика Галактики.

Близкие звезды с большими собственными движениями: детектирование звезд низкой светимости.

В ходе выполнения Пулковской программы комплексного исследования звезд с большими собственными движениями по результатам ПЗС-наблюдений на 26-дюймовом рефракторе (2007-2009) для 29 звезд с собственными движениями, превышающими 1 мсд/год, определены тригонометрические параллаксы. Большинство этих звезд слабые и находятся на расстояниях менее 25 пк. Среди 400 звезд с собственными движениями, превышающими 300 мсд/год, обнаружено 70 звезд низкой светимости. (ГАО РАН).

2010 г. Секция № 9. Астрометрия и небесная механика.

Получены новые астрометрические результаты – координаты галилеевых спутников Юпитера на основе наблюдения взаимных покрытий и затмений спутников в эпоху 2009 г., выполненных в 5 обсерваториях России. Получены относительные координаты спутников, внутренняя точность которых составляет 40 миллисекунд дуги. (ГАИШ, ГАО РАН, ИНАСАН).

2012 г. Секция №7. Жизнь и разум во Вселенной.

Исследование движения, оценки масс и границ обитаемых зон звезд пулковской программы - кандидатов для космических исследований.

По многолетним наблюдениям в Пулковке уточнены орбиты и массы близких двойных звезд 61 Лебеда, ADS 7251, ADS 15229, подведены итоги их фотографических наблюдений. На основе полученных в Пулковке параметров движения, параллаксов и масс впервые оценены теоретические значения границ обитаемых зон (HZ) для избранных звезд пулковской программы, относящихся к спектральным классам K5V- M4V. Средние значения HZ для этих звезд составляют 0.53 – 0.04 а.е. соответственно. Для белого карлика класса DC5, являющегося компонентом В двойной системы Stein 2051AB оценена граница обитаемой зоны 0.01-0.03 а.е. Для этой системы впервые определены динамические критерии устойчивых орбит. Результаты работы имеют значение для поиска и исследования экзопланет. (А.А.Афанасьева, Н.А.Шахт, Д.Л.Горшанов, А.А.Киселев, Л.Г. Романенко, О.О.Василькова, О.В.Кияева, И.С.Измайлов, Е.В.Поляков, ГАО РАН).

2015 г. Секция № 13. Базы данных и информационное обеспечение.

Новый метод оцифровки, измерения и калибровки астронегативов.

Разработан новый метод оцифровки и астрометрической редукции фотопластинок с помощью цифровой камеры. Калибровка измерений производится при помощи шаблона, оцифрованного на высокоточном сканере Бельгийской королевской обсерватории. Модель редукции включает наряду с линейными членами полином 3-й степени для учета aberrаций объектива. Внутренняя точность измерений составила около 1 микрона. Применение новой методики к наблюдениям визуально-двойных звезд и спутников Сатурна позволило значительно увеличить точность по сравнению с прошлыми измерениями до 8-10 mas в среднем. (Измайлов И. С., Рощина Е. А., Киселева Т. П., Васильева Т. А., ГАО РАН)

2016 г. Секция № 9. Астрометрия и небесная механика.

Высокоточные положения двойных и кратных звезд : итоги 60-лет наблюдений на 26-дюймовом рефракторе в Пулковке. Двойные звезды являются ценными объектами для динамических исследований, для определения орбит и звездных масс. Определение орбит широких пар звезд требует длинных рядов наблюдений в течение десятков и сотен лет. За 60 лет работы 26-дюймового рефрактора получено более 30 тысяч относительных положений двойных и кратных звезд (около 20 тысяч из них с по ПЗС-наблюдениям с 2003 г.). Наблюдения на 26-дюймовом рефракторе характеризуются высокой точностью: 10 mas для фотографических и 5 mas для ПЗС-наблюдений, в среднем. Сейчас 26-дюймовый рефрактор Пулковской обсерватории является одним из самых продуктивных среди наземных инструментов по сравнению результативности инструментов в мировом рейтинге наблюдателей двойных звезд по данным USNO.