

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ПО ВОПРОСАМ НАУКИ,
ИННОВАЦИЙ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УКРАИНЫ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

190 ЛЕТ

Материалы международной
научной конференции
“Астрономические исследования:
от ближнего космоса до Галактики”
26-29 сентября 2011 г.

Николаев
2011

УДК 520.1 + 52(093)

ББК 22.6г

Н 63

Ответственный редактор:

д-р физ.-мат. наук, проф. Г.И. Пинигин

Редколлегия:

канд. физ.-мат. наук Ж.А. Пожалова

канд. физ.-мат. наук А.В. Шульга

канд. физ.-мат. наук А.В. Иванцов

Н63 **Николаевская астрономическая обсерватория: 190 лет.**
Материалы международной научной конференции
“Астрономические исследования: от ближнего космоса до
Галактики”, 26-29 сентября 2011 г. – Николаев: Издательство
Ирины Гудым, 2011. – 200 с., 92 илл., 23 табл.

ISBN 978-617-576-047-5

Книга содержит научные, методические и технические аспекты исследований околоземного пространства, астрометрии звезд и малых тел Солнечной системы, а также некоторые вопросы историко-астрономических исследований, которые были обсуждены на международной конференции “Астрономические исследования: от ближнего космоса до Галактики”, посвященной 190-летию Николаевской обсерватории. Конференция проходила 26-29 сентября 2011 г. в г. Николаеве, Украина.

Книга представляет интерес для специалистов астрономии, аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

УДК 520.1 + 52(093)

ББК 22.6г

© НИИ “Николаевская астрономическая
обсерватория”, 2011

© Государственное Агентство
по вопросам науки, инноваций и
информатизации Украины, 2011

ISBN 978-617-576-047-5

Содержание

Предисловие редактора.....	4
<i>А.В. Шульга.</i> Исследование объектов ближнего космоса.....	6
<i>А.В. Иванцов, Л.А. Гудкова, Г.И. Пинигин.</i> Точная астрометрия малых тел Солнечной системы в НАО в XXI столетии.....	15
<i>G.I. Pinigin, N.V. Maigurova.</i> The Maintenance of Optical Reference Frame and their Extension on Faint Magnitudes.....	26
<i>А.В. Шульга, Г.И. Пинигин.</i> Развитие приборостроения в Николаевской обсерватории.....	35
<i>Ю.И. Процюк.</i> Развитие информационных технологий в НАО: от одноранговых сетей к виртуальным обсерваториям.....	47
<i>В.К. Абалакин, Г.И. Пинигин, С.Ф. Эраль.</i> Феномен появления астрономических династий Струве – Кнорре в Дерптском университете и длительное сотрудничество обсерваторий в Пулкове и Николаеве.....	60
<i>Wenjing Jin, Gennadiy Pinigin, Zhenghong Tang, Alexander Shulga.</i> The collaboration between ShAO and NAO: Celebration of the 190 th anniversary of NAO.....	92
<i>Г.И. Пинигин, Ж.А. Пожалова.</i> Историко-астрономические исследования в Николаевской обсерватории.....	105
<i>Л.А. Гудкова.</i> Фотографические наблюдения малых планет в Николаевской обсерватории.....	115
<i>Ф.И. Бушуев, Н.А. Каложный, А.П. Сливинский, А.В. Шульга.</i> О Службе времени НАО.....	121
<i>Ж.А. Пожалова, М.В. Мартынов, Т.А. Асланова, Л.Г. Карякина, Е.В. Маврокордато.</i> Архив, библиотека, музей НИИ НАО: интеграционные процессы XXI века.....	127
<i>А.В. Иванцов, Ж.А. Пожалова.</i> Развитие вебсайта Николаевской обсерватории.....	136
<i>Г.И. Пинигин.</i> Оценка астрономической экспедиции на Шпицберген через 40 лет.....	140
<i>Ф.Ф. Калихевич.</i> Николаевские астрономы на Шпицбергене в 1974–1975 гг. Из дневника заместителя начальника экспедиции, старшего научного сотрудника Н.С. Калихевича.....	147
<i>В.Н. Пышиненко.</i> Воспоминания о первой зимовке на острове Шпицберген в 1975–1976 гг.....	159
<i>Ф.И. Бушуев.</i> В пасти Черного Дракона (мемуарные записи участника экспедиции на о. Шпицберген).....	173
<i>С.В. Толбин.</i> Воспоминания об астрономе В.П. Сибилеве.....	186
<i>Н.Я. Московченко.</i> Материалы по истории Николаевской астрономической обсерватории в Петербургском филиале архива РАН.....	191

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

В 2011 г. Николаевская астрономическая обсерватория отмечает свой 190-летний юбилей. Она прошла славный путь от Морской обсерватории Черноморского флота до Южного отделения знаменитой Пулковской обсерватории, а на пороге XXI века получила статус самостоятельного научного учреждения Украины. Одним из главных событий в рамках празднования нынешнего юбилея обсерватории стало проведение международной конференции “Астрономические исследования: от ближнего космоса до Галактики” (НАО190), которая проходила с 26 по 29 сентября 2011 г. в Николаеве (Украина) в Научно-исследовательском институте “Николаевская астрономическая обсерватория”. Конференция состоялась при поддержке Государственного агентства по вопросам науки, инноваций и информатизации Украины, Украинской астрономической ассоциации, при содействии и помощи Облгосадминистрации и городской мэрии г. Николаева. В конференции приняли участие более 50 специалистов из 14 астрономических учреждений и обсерваторий Украины, России, Франции и Китая.

В настоящий сборник вошли обзорные статьи по направлениям научных исследований, проводимых в НАО в течение последних 20 лет, которые были представлены в докладах на конференции НАО190. Они включают изучение объектов ближнего космоса, результаты наблюдений малых тел Солнечной системы, создание каталогов положений звезд, использование информационных и виртуальных технологий в астрономии, астрономическое приборостроение. Широкое освещение получили вопросы международного сотрудничества, проводимого Николаевской обсерваторией в последние десятилетия с коллегами из Шанхайской астрономической обсерватории (Китайская Народная Республика), а также в рамках международного проекта по наземному сопровождению космического аппарата GAIA с астрономами из Франции, Турции и России. В ряде статей отражены историко-астрономические исследования, проводимые в НАО, в частности, о многолетней связи двух известных астрономических династий Струве и Кнорре на

основе архивов Пулковской и Николаевской обсерваторий, архивов РАН и ВМФ, а также личных архивов потомков В.Я. Струве и К.Х. Кнорре.

Мемориальная часть книги посвящена высокоширотной научной экспедиции Николаевской обсерватории на остров Западный Шпицберген, которая работала в 1974-77 гг. В ней собраны воспоминания и дневниковые записи участников, которые раньше не публиковались.

Предлагаемый вниманию читателей сборник является логическим продолжением вышедшего в 1998 г. сборника “Николаевская астрономическая обсерватория. Звездный путь длиной в 175 лет”, в котором впервые за историю обсерватории были описаны различные стороны ее деятельности на протяжении 175 лет. Впоследствии эта тематика была расширена серией биобиблиографических сборников, посвященных директорам и выдающимся личностям в истории НАО, которая в настоящий момент насчитывает семь книг на четырех языках.

Мы надеемся, что данное издание будет интересным для читателей и займет достойное место среди книг, посвященных истории Николаевской астрономической обсерватории.

Г.И. Пинигин, директор НИИ НАО

Исследование объектов ближнего космоса

А.В. Шульга, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.Н. Ковальчук

В настоящее время наблюдается тенденция к расширению использования оптических средств для наблюдения объектов ближнего космоса, прежде всего, искусственного происхождения – космических аппаратов (КА), ракет-носителей, иных фрагментов запуска и “космического мусора”.

Непосредственной целью наблюдения объектов ближнего космоса с помощью оптических средств является получение или уточнение характеристик движения этих объектов, заданных в виде “вектора состояния” – набора орбитальных параметров объекта в той или иной системе координат на заданный момент времени.

Орбитальные параметры обычно сводятся в каталоги космических объектов (ККО), формируемые Центрами контроля космического пространства на основе наблюдений, проводимых различными средствами.

В частности, оптические средства наблюдения играют особую роль при формировании ККО, так как, учитывая их высокую разрешающую способность и прецизионную точность, с их помощью можно:

- определять координаты космических объектов с минимальной погрешностью, вести их прецизионные каталоги векторов состояния, в частности, это касается, прежде всего, навигационных, топогеодезических спутников и спутников дистанционного зондирования Земли;
- каталогизировать недоступные для наблюдения с помощью существующих космических радиолокаторов космические объекты, например, геостационарные спутники, а также тесные группировки космических объектов, разрешение которых с помощью космических радиолокаторов невозможно, и вновь запускаемые группировки космических аппаратов на первых витках их существования, причем часто оптические наблюдения являются чуть ли не единственным средством их раздельного наблюдения;
- каталогизировать мелкие объекты “космического мусора”.

Систематические работы по исследованию околоземного космического пространства начались в НИИ НАО после утверждения Ученым советом НАО предложения директора Г.И. Пинигина о создании с марта 2001 г. сектора, а с января 2002 г. – Лаборатории околоземной астрономии.

Непосредственно работы начались в рамках темы “Геокосмос” (2000-2004 гг.): исследование астрометрических и физических характеристик объектов ближнего космоса (научный руководитель зав. сектором А.В. Шульга).

Работы предполагали несколько направлений:

- внедрение в процесс наблюдений комбинированного метода наблюдений;
- разработка и использование компьютерных программ для проведения наблюдений, фильтрации изображений и астрометрической редукации;
- модернизация существующих телескопов, разработка и изготовление новых.

Первые наблюдения группы геостационарных спутников (ГСС) были выполнены на зонном астрографе НАО для отладки методики наблюдений с использованием двух режимов работы универсальной ПЗС-камеры: кадрового и синхронного переноса заряда [1]. Данная методика наблюдений является оригинальной. Точность одного наблюдения ГСС (на материале 10 спутников по 10 наблюдений каждый) составила в среднем $0''.19$ по прямому восхождению и склонению, что соответствует точности определения положения спутника в пространстве порядка 30 метров. Полученные результаты подтвердили перспективность комбинированного метода наблюдений, разработанного сотрудниками НАО.

В 2001 г. было подготовлено техническое задание и технические предложения на изготовление нового телескопа - скоростного автоматического комплекса (САК). Изначально САК проектировался как телескоп для исследования объектов ближнего космоса. В техническом задании и предложениях, в частности, изложены: необходимость создания нового телескопа, оснащенного ПЗС-камерами, возникшая на основе анализа наземных оптических наблюдений объектов ближнего космоса (ОБК), а также требования к наземным оптическим средствам для решения задач околоземной астрономии. Конструктивно САК планировалось выполнить в виде телескопа-рефлектора на параллактической монтировке, оснащенного скоростными приводами (скорость поворота по обеим осям до $2\%/с$) и ПЗС-камерой на поворотной платформе. Основной особенностью САК является обеспечение наблюдений ОБК, имеющих видимую скорость относительно звезд до 45 угловых градусов в минуту, в режиме синхронного переноса заряда ПЗС-матрицы.

Основные усилия по теме были направлены на внедрение комбинированного метода ПЗС наблюдений геостационарных спутников и расширение его применения для искусственных спутников Земли на высотах от 500 км и выше. Для испытания комбинированного метода при наблюдениях малоразмерных объектов проведены дополнительные наблюдения ГСС и ИСЗ на телескопах обсерваторий Украины (г. Евпатория, г. Ужгород, г. Львов) в объеме 89 положений. Оценка возможностей телескопов АЗТ-8 (г. Евпатория), спутниковой камеры АФУ-75 (г. Ужгород)

и телескопа 800/8000 (г. Львов) показали, что привлечение данных телескопов позволит эффективнее решать задачи СКАКО (система контроля и анализа космической обстановки).

По согласованию с организациями, сотрудничающими с НИИ НАО, был подготовлен список из 99 геостационарных и геосинхронных спутников в часовых углах $\pm 5^{\text{h}}$ относительно меридиана для наблюдений на зонном астрографе НАО. В 2002 г. для наблюдений ИСЗ на высотах 400-2500 км подготовлен список из 30 ИСЗ не слабее 5-й звездной величины.

В 2001 году в течение 10 ночей для 10 геостационарных спутников получено 25 серий наблюдений общим количеством 152 положения и 18 положений 10 геосинхронных спутников. С 2002 г. начаты регулярные наблюдения ГСС комбинированным методом с целью ведения каталога положений, а также начато внедрение комбинированного метода для наблюдений ИСЗ с целью улучшения прогноза элементов орбиты. Динамика роста количества данных наблюдений ГСС в период с 2001 по 2004 гг. представлена в табл. 1.

В 2002 г. согласно договору между НИИ НАО и КБ “Южное” по теме “Модернизация-С” наблюдения избранных ГСС были отправлены в Центральный контрольно-координационный пункт СКАКО для вычисления элементов орбит. Эта работа стала началом длительного периода сотрудничества НИИ НАО с КБ “Южное”.

Для наблюдений низкоорбитальных ИСЗ в 2002 г. проведена модернизация спутниковой камеры зонного астрографа. После модернизации получены следующие характеристики камеры: объектив “Уран-9” ($F = 250$ мм, $D = 100$ мм); оснащение - 1/3" TV ПЗС камера (время накопления сигнала 0.025^s); размер рабочего поля - $1^{\circ}34' \times 1^{\circ}08'$. Проникающая способность спутниковой камеры - не хуже 7.5^m. Оценочные характеристики точности спутниковой камеры приведены в табл. 2.

После завершения модернизации спутниковой камеры зонного астрографа были начаты наблюдения низкоорбитальных ИСЗ. За 2003 г. получено 92 положения ИСЗ в 6 квазиполосах опорных звезд, обеспечивающие начальную стадию ведения каталога ИСЗ и получения элементов орбиты. В 2004 г. введен в строй телескоп Скоростной автоматический комплекс, на котором получено 289 положений ИСЗ и элементы орбиты для 3 ИСЗ. Данные наблюдений за 2002-2004 гг. были оформлены в виде массива положений ИСЗ и их элементов орбиты на среднюю эпоху наблюдений. Погрешность наблюдений составила $\pm (3-10)''$.

В 2002 г. разрабатывается методика наблюдений искусственных спутников Земли базисным методом на телескопах, оснащенных ПЗС-камерами, с целью улучшения прогноза элементов орбиты. Была выполнена

Таблица 1

Динамика роста количества наблюдений ГСС в 2001-2004 гг.

Количество	2001	2002	2003	2004	Всего
положений	152	1081	673	1205	3111
ночей наблюдений	10	35	24	33	102

Таблица 2

Оценочные характеристики точности спутниковой камеры

Mag	ϵ_{mag}	$\epsilon_{x,y}$ (")
4 – 5	0.09	0.9
5 – 6	0.13	1.5
6 – 7	0.19	2.2

модельная оценка определения длины базы и дальности до ИСЗ при квазисинхронных наблюдениях из двух пунктов (г. Евпатория и г. Дунаевцы) телескопами типа КОС “Сажень”. Сделан вывод о реальной возможности использования этих телескопов для повышения точности прогноза элементов орбит в 2-3 раза [2].

За период с 2001 по 2004 гг. завершено создание программного комплекса, который обеспечивает полную технологическую процедуру ведения каталога. Проведена обработка наблюдений за 2002-2004 гг., результат оформлен в виде массива положений ГСС и их элементов орбиты на среднюю эпоху наблюдений. Разработан и введен в действие макет веб-страницы “Ведение каталога положений ГСС НИИ НАО”, где размещены данные о положениях и элементах орбит ИСЗ. Разработана программа автоматического заполнения веб-страниц. Сформирован банк фотометрических профилей выбранных ГСС, которые имеют продолжительность во времени от 4 до 6 часов и обеспечивают определение низкочастотных ($\nu < 0.1$ Гц) вариаций пространственной ориентации ГСС и их формы.

Для привязки положений ГСС и ИСЗ к каталогу опорных звезд в 2002 г. на аксиальном меридианном круге было выполнено наблюдение опорных площадок в зоне $\delta = -7^\circ$. В течение 10 ночей было получено 109 изображений размером $24' \times 2^\circ 56'$. В результате обработки изображений получен массив положений 18394 звезд, которые наблюдались два и более раз (среднее количество наблюдений 3.1 раза). Погрешность одного наблюдения составила:

$$\varepsilon_{\alpha\delta} = \pm 0.12'' \exp [-0.05(\text{mag}-8) + 0.03(\text{mag}-8)^2]$$

В 2003 г. начата работа по созданию опорного каталога звезд в избранных площадках наблюдений ИСЗ в зодиакальном поясе. Внедрено использование сканера REFLECTION 3200 PHOTO для создания числовых образов фотографических пластинок зодиакального каталога, которые были получены на зонном астрографе (средняя эпоха каталога 1979.0). Для звезд (8-13)^m приборная точность сканера составила $\pm 0.07''$ в направлении линейки и $\pm 0.15''$ в направлении каретки, что подтвердило целесообразность использования профессионального сканера для определения положений звезд с точностью на уровне $\pm 0.1''$ при обработке отсканированных изображений фотопластинок в четырех положениях. Разработан и реализован алгоритм отождествления нелинейно-искривленного изображения звездного поля с каталогом, а также алгоритм редукции прямоугольных координат в экваториальные с использованием b-сплайнов Шенберга. Погрешность определения координат по прямому восхождению и склонению составила $\pm 0.15'' (m-7)^{0.21}$, погрешность определения звездной величины $\pm 0.1^m$.

С 2005 по 2007 гг. развитие темы по исследованию околоземного пространства продолжилось в теме “Диор” – “Изучение влияния факторов природного и техногенного характера на динамику орбит искусственных спутников Земли”. В процессе выполнения темы была проведена оценка эффективности методов наблюдений. Внедрение метода синхронного накопления телевизионных кадров позволило поднять проникающую способность на 4 звездных величины, что дало возможность наблюдать микроспутники массой от 50 кг на низких орбитах. При использовании комбинированного метода наблюдений (КМН) на базе поворотной платформы (ПП) проникающая способность выросла на 1 звездную величину, что позволило наблюдать космические объекты (КО) массой от 200 кг на GEO орбитах [3]. Также для оценки эффективности выбранного КМН было проведено исследование отношения сигнал/шум. Метод позволил повысить время экспозиции до 50 раз по сравнению с максимально возможным при использовании классического (кадрового) метода на неподвижном телескопе, что повысило отношение сигнал/шум в 12 раз. Использование КМН на базе ПП позволило проводить наблюдения высокоэллиптических и навигационных КО.

Также для испытания КМН были отобраны АСЗ с эфемеридной скоростью не менее 6 "/min. Применение метода позволило получить точечные изображения астероидов, имеющих значительную видимую скорость движения на небесной сфере, которые не могут наблюдаться в

кадровом режиме на телескопах малой апертуры. Для 5 АСЗ (на расстоянии 1.03-1.1 а.е.) в течение 2 ночей было получено 32 положения (в среднем по 6 положений на каждый АСЗ). Использование поворотной платформы соответствует эквивалентному использованию телескопа с характеристиками зеркала порядка $D = 1.5$ м, $F = 7.5$ м. Полученные экваториальные координаты АСЗ сравнены с эфемеридой HORIZONS. Средняя СКП одного наблюдения по прямому восхождению и склонению составляет 1". Точность полученных положений по классификации Minor Planet Center соответствует критерию: не превышает 1".

В плане разработки новых методов исследования объектов околоземного пространства проведены совместные наблюдения 5 низкоорбитальных КО Львовской астрономической обсерваторией и НИИ НАО. Общие наблюдения позволили увеличить статистику наблюдений. Благодаря совместным наблюдениям была разработана математическая модель и создано программное обеспечение для вычисления элементов орбит на основе данных из нескольких пунктов наблюдений. Разработанное программное обеспечение позволяет удалять случайные погрешности наблюдений [4].

Для изучения влияния солнечной активности на эволюцию орбит было проведено исследование изменения периода вращения объектов, выведенных на орбиту ракетоносителем "Днепр-Восток", по данным каталога NORAD с привлечением данных каталога НИИ НАО. Анализировалась информация за период с 23 августа 2005 г. по 3 декабря 2006 г. Проведена оценка корреляции периода вращения и солнечного излучения на длине волны 10.7 см. Корреляция между рядами данных составила 0.75.

Основными результатами выполнения тем с 2001 г. были:

- внедрение в практику астрометрических наблюдений КО на низких, высоких и геостационарных орбитах комбинированного метода наблюдений (КМН) с использованием малокадровых ПЗС камер;
- как развитие КМН разработка и внедрение в процесс наблюдений метода траекторного суммирования кадров для телевизионных ПЗС камер, позволившего проводить координатные наблюдения на крайне низких орбитах высотой 450 км;
- разработка и внедрение в практику астрономических наблюдений оригинального программного обеспечения для расчета элементов орбиты с возможностью критериальной оценки;
- первая версия каталога положений и элементов орбит КО. В каталог вошли данные наблюдений 126 геостационарных, 206 низкоорбитальных, 2 высокоэллиптических, 8 навигационных КА и 4 спутника, которые наблюдались на первых витках после запуска. В каталог вошли

29017 положений и 740 наборов элементов орбит 346 спутников. Точность определения экваториальных координат составила для КО (9 - 17)^m на GEO орбитах $\pm (0.3 - 0.9)''$ и для (3 - 12)^m на LEO и НЕО орбитах $\pm (1.2 - 6.3)''$.

В табл. 3 приведены наполняемость каталога по годам.

Проведено сравнение элементов орбит, отвечающих за положение орбиты в пространстве (наклонение орбиты, долгота восходящего узла и среднее движение), каталогов НИИ НАО и NORAD. В табл. 4 представлена погрешность каталога НИИ НАО относительно каталога NORAD. Данные табл. 4 указывают на высокую точность каталога НИИ НАО.

В рамках темы и сотрудничества с НЦУИКС проведены работы по сравнительной оценке фотометрических наблюдений с использованием

Таблица 3

Наполняемость каталога по годам

	Количество	2005	2006	2007
Каталог ГСО КО	по годам	5834	1337	1099
	в сумме	68	114	133
Каталог НО КО	по годам	5778	9226	4531
	в сумме	37	127	214

Таблица 4

Точность каталога НИИ НАО

Вид орбиты ОНП	$\sigma_{(O-C)}$ наклонения, %	$\sigma_{(O-C)}$ долготы восходящего узла, %	$\sigma_{(O-C)}$ среднего движения, %
LEO	0.01	0.03	1.5600
GEO	0.01	0.01	0.0001
GPS	0.01	0.10	0.0001
HEO	0.05	0.15	0.0010

ТВ камер и классических фотометрических фильтров. Корреляция показателей цвета между инструментальной системой и системой Джонсона составила 99%.

С 2008 по 2010 гг. исследование околоземного пространства продолжалось в рамках выполнения темы “ОРАДОК” – “Изучение околоземного космического пространства оптическими и радиометодами”.

Наблюдение КО на околоземных орбитах и потенциально опасных астероидов проводилось комбинированным методом на двух телескопах:

- САК, в состав которого входит телескоп узкого поля ($D = 300$ мм, $F = 1500$ мм) с ПЗС-камерой типа Alta U9000 и телевизионный канал ($D = 56$ мм, $F = 85$ мм) с ТВ мегапиксельной камерой Watec 902 H2 [5];

- МОБИТЕЛ, в состав которого входит телескоп узкого поля ($D = 500$ мм, $F = 3000$ мм) с ПЗС-камерой типа Alta U9000, телевизионный канал ($D = 46$ мм, $F = 145$ мм) с ТВ мегапиксельной камерой Watec 902 H2 и широкий канал ($D = 270$ мм, $F = 750$ мм) с ПЗС-камерой типа Alta U9000.

По результатам наблюдений получен каталог 37351 положений геосинхронных КО ($10-16$)^m с погрешностью $\pm (0.26 - 0.91)''$, 10185 положений низкоорбитальных КО ($4 - 10$)^m с погрешностью $\pm (2.2 - 4.6)''$ и 574 положения навигационных КО ($9 - 16$)^m с погрешностью $\pm (0.2 - 0.5)''$. Сформирован каталог 179 векторов состояния 67 геосинхронных КО. С использованием каталога векторов состояния рассчитаны эфемериды на эпохи от одних суток до 200 суток и проведено сравнение эфемерид с данными наблюдений. Погрешность вычисления эфемерид на интервале времени до 200 суток не превышает 0.15° по прямому восхождению и 0.05° по склонению, что соответствует мировому уровню точности моделирования движения геосинхронных КО.

По результатам наблюдений геосинхронных телекоммуникационных КО в интегральном свете получено 7 кривых блеска (7532 кадра). Проведена обработка наблюдений с использованием разработанной в НИИ НАО методики выделения гармоник из кривых блеска. Для пяти кривых блеска выделена гармоника периодом 28 мин., соответствующая периоду синхронного подворачивания солнечных батарей.

Выводы

В результате десятилетнего выполнения работ по наблюдениям и исследованиям околоземного пространства решены базовые задачи:

- Координатные наблюдения космических объектов (КО) от 50 кг на низких орбитах с использованием телевизионных ПЗС камер. Результатами являются экваториальные координаты в системе каталога;

- Координатные наблюдения космических объектов на средних и геосинхронных орбитах с использованием полнокадровых ПЗС камер. Результатами наблюдений являются экваториальные координаты в системе каталога;
- Проверка качества результатов координатных наблюдений по внутреннему и внешнему сравнению. Внутреннее сравнение – сравнение наблюдений с кеплеровой орбитой, рассчитанной по наблюдениям одного витка (для всех типов орбит). Внешнее сравнение – с эфемеридой спутников, наблюдаемых сетью ILRS (для низких и средних орбит), а также сравнение результатов совместной обработки координатных измерений, полученных независимо в других обсерваториях Украины;
- Методы расчета элементов орбиты (от оскулирующего Кеплера эллипса до TLE в стандарте NORAD);
- Длительный прогноз движения высокоорбитальных объектов и численное интегрирование их движения;
- Расчет опасных сближений по элементам орбит из каталога NORAD и собственного подкаталога.

Литература

1. A.N. Kovalchuk, A.V. Shulga, M.V. Martynov. Combined CCD Observational Method of GSS // “Extension and Connection of Reference Frames Using Ground Based Technique”, 2001, ATOL, Nikolaev, pp. 194-200.
2. Р. В. Лаврухіна, О.В. Шульга. Аналіз базисного методу визначення похилих дальностей до штучних супутників Землі // Системні технології, Дніпропетровськ, 2006, № 5, с. 89-94.
3. Y.S. Kozyurev, E.S. Sibiryakova, A.V. Shulga. Observation of the fast NEO objects with prolonged exposure // Journal IAU 1886/V248/ 2008, p. 128-129.
4. O.A. Bazyey, E.S. Sibiryakova, A.V. Shulga. The method for fast determination of geostationary Earth satellite orbit from angular coordinates measurements // Odessa Astronomical Publications, vol.18 (2005), p. 8-14.
5. А.А. Базей, А.Н. Ковальчук, Е.С. Козырев, Е.С. Сибирякова, А.В. Шульга. Использование телескопа ШАК-300 для ведения каталога искусственных спутников земли в НИИ НАО // Изучение объектов околоземного пространства и малых тел солнечной системы. Николаев, 2007, с. 126-132.