

ОТКРОЙТЕ ДЛЯ СЕБЯ ВСЕЛЕННУЮ*

В.П. Савиных (МИИГАиК)

В 1969 г. окончил оптико-механический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-оптик-механик». После окончания института работал в ЦКБЭМ/НПО «Энергия». В 1988 г. избран ректором МИИГАиК, с 2007 г. по настоящее время – президент МИИГАиК. Летчик-космонавт СССР. Совершил три космических полета (1981 г., 1985 г., 1988 г.). Дважды Герой Советского Союза. Член-корреспондент РАН по отделению «Науки о Земле», профессор, доктор технических наук.

И.И. Краснорылов (МИИГАиК)

В 1958 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в МАГП. С 1962 г. работает в МИИГАиК, в настоящее время — заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии. Профессор, кандидат технических наук.

«Астрономия по величине своего объекта и по совершенству своих теорий является самым прекрасным памятником человеческого духа и проявлением самого высокого интеллекта».

Пьер Симон Лаплас

В 1609 г. великий итальянский физик и астроном Галилео Галилей (1564–1642), узнав об изобретении в Голландии зрительной трубы, усовершенствовал ее конструкцию и впервые построил телескоп, после чего сразу приступил к систематическим астрономическим наблюдениям. С астрономических наблюдений Г. Галилея и их интерпретации в астрономии началась эра телескопических наблюдений. Первые результаты своих исследований он описал в 1610 г. в работе под названием «Звездный вестник».

Использование телескопа позволило Г. Галилею установить, что Млечный Путь представляет собой скопление огромного количества звезд; что и в других частях неба существуют подобные скопления звезд. В поле зрения телескопа звезды выглядели точками, в отличие от планет, которые имели вид кружков, что служило доказательством колоссальных расстояний до звезд. Наблюдая Луну, Г. Галилей обнаружил, что она по своему рельефу очень схожа с Землей. Он открыл на Солнце пятна и изменения их формы и расположения с течением вре-

мени, а у Юпитера — спутники, которые называют «галилеевыми» (рис. 1). Наконец, он обнаружил наличие фаз у Венеры, что подтверждало справедливость системы Коперника.



В 2007 г. 62-я Генеральная Ассамблея ООН поддержала инициативу Международного астрономического союза и в честь 400-летия начала эры телескопических наблюдений объявила 2009 год Международным годом астрономии (МГА-2009). Девиз МГА-2009: «Вселенная — для Вас» (www.unesco.org/iy2009, www.astronomy2009.org).

За 400 лет, прошедших после создания Г. Галилеем телескопа, было сделано много открытий разной значимости. Не имея возможности в рамках короткой статьи дать даже краткий анализ развития астрономии, перечислим лишь основные достижения последних лет, связанные, в основном, с работой космического телескопа «Хаббл» (Hubble Space Telescope), который нахо-



дится в космосе почти 20 лет:

- обнаружение планет вне Солнечной системы;
- исследования эволюции звезд;
- изучение сверхмассивных черных дыр;
- уточнение возраста Вселенной;

* При оформлении статьи использованы изображения с сайтов: www.vokrugsveta.ru, www.astronet.ru, www.rusembcanada.mid.ru.



Рис. 1
Планета Юпитер со спутниками

— обнаружение ускорения Вселенной;

— анализ развития Вселенной на ранних этапах ее существования;

— развитие направления, связанного с анализом структуры галактик, зависящей от ее возраста (галактическая археология);

— получение данных с помощью рентгеновских телескопов;

— развитие работ в области околоземной астрономии (изучение засоренности космического пространства и кометно-астероидной опасности как одной из глобальных проблем человечества);

— изучение темной энергии (антигравитационной силы), составляющей, по предположению, до 72% от Вселенной.

В 2009 г. астронавты НАСА провели ремонтные работы и модернизацию телескопа «Хаббл», что позволит ему эффективно функционировать в течение, по крайней мере, последующих пяти лет (рис. 2).

Из российских проектов следует отметить Космический аст-

рометрический эксперимент ОЗИРИС, в соответствии с которым будет создан оптический космический интерферометр — дугомер для обеспечения микро-секундной точности наблюдений звезд. В этом проекте участвуют: Институт астрономии РАН, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, НПО им. С.А. Лавочкина. Активно ведутся работы в области околоземной астрономии, что возможно приведет к принятию Федеральной целевой научно-технической программы «Астероидно-кометная безопасность России». Около тридцати научных и промышленных организаций, а также высших учебных заведений занимались ее разработкой.

Из зарубежных проектов глобальной астрометрии следует отметить разработку Европейским космическим агентством (ЕКА) космического телескопа GAIA, который должен обеспечить микросекундную точность наблюдений.

По мере своего развития одна из древнейших наук — астрономия — разделилась на следующие разделы: сферическую астрономию, практическую астрономию, астрометрию, эфемеридную астрономию, небесную механику, астрофизику, околоземную астрономию, звездную астрономию, внегалактическую астрономию, космогонию, космологию. Многие из упомянутых разделов имеют подразделы. Так, например, практическая астрономия включает геодезическую, мореходную и авиационную астрономию, а также астрономические методы определения местоположения и ориентирования в космическом полете. Астрофизику принято подразделять на теоретическую и практическую. Часто используется классификация, в основу которой положен диапазон наблюдаемого электромагнитного излучения (оптическая астрономия, радиоастрономия, рентгеновская астро-

номия, инфракрасная астрономия и т. д.).

Учитывая направленность тематики журнала, кратко остановимся на той роли, которую сыграла геодезическая астрономия в определении формы и размеров Земли, создании геодезических сетей на обширные территории одного или нескольких государств, а также на ее современных задачах. Заметим при этом, что предметом геодезической астрономии, в частности, является определение астрономических координат пунктов на поверхности Земли и азимутов направлений по наблюдениям небесных светил.

Астрономические определения широт, долгот и азимутов являлись важной составной частью работ, наряду с геодезическими и гравиметрическими определениями, по созданию геодезических построений традиционными методами в «доспутниковый» период. По этой причине геодезическая астрономия сыграла важную роль при реализации разных референцных (геодезических) координатных систем и построений, в частности, Государственной геодезической сети (ГГС) СССР. Благодаря астрономическим определениям широт, долгот и азимутов на определенных пунктах триангуляции 1 и 2 классов, эта сеть (из пунктов 1 и 2 классов) стала астрономо-геодезической сетью (АГС). Азимутальные определения обеспечили контроль и локализацию ошибок угловых измерений, выполнявшихся в ГГС. Они также обеспечили хорошую ориентацию референцной (геодезической) системы координат относительно общеземной. Углы разворота осей одной системы координат относительно осей другой оказались меньше 1". Результаты астрономических определений использовались для установления исходных геодезических дат и вывода параметров референц-эллипсоида (модели Земли). В СССР с 1942 г. применялся референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского (введен Постановлением Со-



Рис. 2
Космический телескоп «Хаббл»

вета Министров СССР №760 от 07.04.1946 г.). Астрономические определения широт и долгот являлись составной частью астрономо-гравиметрического нивелирования. Они обеспечивали интерполирование составляющих уклонений отвесных линий, преодолевая, тем самым, недостаточную плотность гравиметрических определений.

В связи со сказанным выше, следует заметить, что астрономические определения широт, долгот и азимутов были выполнены при создании ГГС за период с 1924 г. по 1984 г. на 3515 пунктах 1 и 2 классов. На 555 пунктах (по линиям астрономо-гравиметрического нивелирования) определялись только широты и долготы, на 444 пунктах — только азимут. Таким образом, общее число астрономических пунктов в ГГС составило 4514, по этой причине сеть 1 и 2 классов называют астрономо-геодезической сетью [1].

В «доспутниковый» период астрономические наблюдения являлись единственным, а потом, до 1988 г., — основным средством получения информации для изучения движения полюсов и неравномерностей во вращении Земли (определения параметров вращения Земли — ПВЗ).

С 1 января 1988 г. начала функционировать Международная служба вращения Земли, которая стала использовать в качестве средства для получения информации о ПВЗ методы космической геодезии: лазерную локацию спутников, радиоинтерферометрию со сверхдлинной базой (РСДБ), лазерную локацию Луны и наблюдения навигационных спутников, образующих глобальные навигационные спутниковые системы (ГЛОНАСС и GPS). При этом значительно повысилась точность и оперативность определения ПВЗ, а при математической обработке результатов наблюдений потребовался учет релятивистских эффектов.

После завершения работ по созданию АГС закончился важный этап в развитии геодезичес-

кой астрономии. Часть задач, которые приходилось решать с использованием ее методов, утратили значение в связи с широким применением методов космической геодезии, в частности, спутниковых технологий.

Тем не менее, геодезическая астрономия продолжает сохранять важную роль при решении ряда научных и практических задач и имеет перспективы развития.

Соображения относительно современных задач геодезической астрономии были сформулированы в работе [1].

К этим задачам относятся:

- разработка методов и создание приборов для астрономических способов определения местоположения и ориентирования на поверхности Луны и Марса (имеется в виду как создание автоматических систем наблюдений, так и проведение наблюдений оператором из специальных помещений, которые, возможно, будут создаваться при организации научно-технических баз на этих небесных телах);

- высокоточные определения астрономического азимута, необходимые для эталонирования гиротеодолитов;

- выполнение азимутальных определений для ориентирования геодезических сетей специального назначения;

- получение с ошибкой 0,15–0,20" и менее азимутов опорных направлений, обеспечивающих ориентирование радиотехнических измерительных комплексов и изучение современных горизонтальных движений земной коры на геодинимических полигонах;

- получение из астрономических наблюдений с ошибкой не более 0,20" составляющих уклонений отвесных линий и изучение их изменений, что необходимо, в частности, для правильной интерпретации результатов повторного геометрического нивелирования и изучения внутреннего строения Земли;

- совершенствование мето-

дов приближенных астрономических определений.

Следует отметить, что опыт проведения астрономических наблюдений в автоматическом режиме с поверхности Луны в 1970–1971 гг. был получен, например, при осуществлении программы работ передвижной лаборатории «Луноход-1» (рис. 3), доставленной на Луну автоматической межпланетной станцией «Луна-17». Для обеспечения навигации этого космического аппарата использовалась телевизионная камера (телефотометр), обладающая высокой разрешающей способностью и большим углом обзора (до 30°). Телефотометр был скреплен с «оптической вертикалью места», разработанной в МИИГАиК, которая играла роль уровня. Такой астрономический прибор позволял из наблюдений Солнца и Земли определять селенографические координаты (широту и долготу) «Лунохода-1».

Получение значимых результатов при решении перечисленных задач потребует разработки совершенных приборов и методик, внедрения объективных методов регистрации моментов наблюдений, автоматизации как процесса наблюдений, так и обработки полученной информации на базе применения современных приемников излучения, например, приборов с зарядовой связью. Необходим также более точный учет астрономической рефракции и, следовательно, ав-



Рис. 3
Передвижная лаборатория «Луноход-1»



Рис. 4
Обсерватории «Рок де лос Мучачос» на острове Ла Пальма (Канарский архипелаг)

томатизация сбора метеорологической информации, обеспечение ее высокой точности.

Все сказанное выше потребует соответствующих теоретических разработок.

Заметим, что к достоинствам астрономических методов следует отнести их автономность и сравнительно невысокую стоимость реализации.

Практически решение всех задач астрономии предполагает знание с большей или меньшей точностью координат звезд или других небесных объектов (НО). Координаты звезд и других НО необходимы также и для решения задач геодезической астрономии. Определением координат звезд и их собственных движений, составлением каталогов координат звезд занимается астрометрия. Наземные наблюдения с целью определения координат звезд ограничены по точности. Это связано с турбулентными явлениями в атмосфере. Стремясь преодолеть влияние атмосферы на результаты наблюдений, современные обсерватории создают в местах, имеющих благоприятный астроклимат. Как правило, это горные районы, высота которых составляет порядка 2000–4000 м над уровнем моря (рис. 4). Но даже из наблюдений в наиболее благоприятных условиях, как показывает опыт, не удается получить положения звезд с ошибкой меньше 0,1–0,2". Влияние атмосферы неблагоприятно сказывается и на результатах астрофизических исследований.

По этой причине одним из направлений космической деятельности является создание и практическое применение телескопов космического базирования (спутников-телескопов), работающих в разных диапазонах электромагнитного излучения.

Так, например, орбитальный телескоп «Спицер» (Spitzer) работает в инфракрасном диапазоне, космическая обсерватория «ХММ-Ньютон» (ХММ-Newton) принимает рентгеновское излучение, а космическая лаборатория «Интеграл» (International Gamma Ray Astrophysics Laboratory) и спутники «Ферми» (Fermi) ведут работу в диапазоне гамма-излучения.

Существенный прогресс в астрометрии был достигнут в результате осуществления проекта ЕКА HIPPARCOS (HIGH Precision PARallax Collecting Satellite — «спутник для высокоточного измерения параллаксов»). В рамках этого проекта в 1989 г. был запущен астрометрический спутник-телескоп.

Поскольку решение задач геодезической астрономии требует, как отмечено выше, знания координат звезд, а при решении задач космической геодезии приходится использовать небесную систему координат, которая реализуется набором некоторого количества звезд (звездный каталог) с известными координатами [2], приведем некоторые результаты проекта HIPPARCOS [3]. Время полезных наблюдений при выполнении этого проекта составило 37 месяцев.

В 1997 г. ЕКА опубликовало каталог HIPPARCOS, в котором содержались экваториальные координаты (α и δ) и собственные движения 117 955 НО, а также фотометрические параметры (звездные величины) для 118 204 НО. Средние квадратические погрешности координат не превысили 1 мс дуги, а собственных движений практически всех звезд — 1 мс дуги в год. Каталог содержит все звезды до звездной величины 7,5^m. С высо-

кой степенью точности были определены параллаксы нескольких десятков тысяч звезд.

Кроме того, был составлен каталог Tycho, содержащий данные о 1 058 332 звездах. В нем содержится информация обо всех звездах до звездной величины 10,5^m и части звезд 11,5^m. Средние квадратические погрешности координат звезд в этом каталоге оказались равными (для звезд, имеющих разную звездную величину) 7–25 мс дуги.

Был также составлен каталог Tycho-2, содержащий положения и звездные величины 2 538 913 звезд. В нем представлено 99% звезд, имеющих звездную величину менее 11,0^m, и 95% звезд, звездная величина которых менее 11,5^m.

В результате реализации проекта HIPPARCOS появилась возможность от опорной системы отсчета, задаваемой до недавнего времени фундаментальным каталогом звезд FK5, перейти к новой кинематической системе отсчета, которой является в настоящее время Международная небесная система отсчета (International Celestial Reference Frame — ICRF). Началом системы отсчета ICRF является центр масс (барицентр) Солнечной системы.

Напомним, что FK5 содержал координаты и собственные движения 4652 звезд, причем координаты примерно трех тысяч звезд характеризовались средней квадратической погрешностью 0,12", а собственные движения — 2 мс дуги в год. Только координаты и собственные движения примерно 1500 звезд были определены в этом каталоге с хорошей точностью (с погрешностями 0,08" и 1 мс дуги в год, соответственно).

Поскольку внегалактические радиоисточники (ВРИ) оказались весьма «слабыми» объектами для наблюдений в оптическом диапазоне, в проекте HIPPARCOS удалось наблюдать лишь один квазар. В связи с этим, для привязки к ВРИ звезд, наблюдавшихся в проекте HIPPARCOS,

пришлось использовать специальную камеру, имевшуюся в телескопе «Хаббл». В итоге, ICRF задается каталогом положений 212 квазаров и других внегалактических радиоисточников, полученных методом РСДБ. Этот каталог, объединенный с каталогом HIPPARCOS, позволил образовать небесную систему отсчета «Гиппаркос» (Hipparcos Celestial Reference Frame — HCRF) или фундаментальный каталог FK6.

Кроме того, следует исследовать вопрос о целесообразности использования орбитальных астрометрических телескопов типа HIPPARCOS для наблюдения световых целей, размещенных на наземных пунктах, периодического определения координат этих пунктов и последующего решения геодинимических задач, например, изучения дрейфа литосферных плит.

В связи с Международным годом астрономии во многих странах мира проводятся многочисленные мероприятия под девизом «Откройте для себя Вселен-

ную», вынесенным в заголовок настоящей статьи.

Так, 24–27 марта 2009 г. в Москве состоялась Всероссийская конференция «Астрономия и общество» (<http://agora.guru.ru/iyu-2009>). А 20–25 августа 2009 г. в Казани будет проходить конгресс ЮНЕСКО «Астрономия и всемирное наследие: через время и континенты». Следует отметить, что к этому конгрессу будет приурочена Международная конференция «Околосемная астрономия-2009» (24–28 августа 2009 г.), посвященная проблемам засоренности околосемного космического пространства и кометно-астероидной опасности.

Хотелось бы надеяться, что заслуженный повышенный интерес к одной из наиболее древних и динамично развивающихся наук — астрономии, демонстрируемый в Международный год астрономии, останется и в следующие годы, что будет способствовать ее развитию на благо человечества.

▼ Список литературы

1. Краснорылов И.И., Львов В.Г.,

Сафонов Г.Д. Об астрономических определениях в АГС СССР и задачах геодезической астрономии // Геодезия и картография. — № 8. — 1995. — С. 22–27.

2. Краснорылов И.И. Системы небесных координат. В кн. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия / Под общ. ред. А.В. Бородко, В.П. Савиных. — М.: Геодезкартиздат, 2008. — Т. II. — С. 247–250.

3. Ковалевский Ж. Современная астрометрия. — Фрязино: «Век 2», 2004. — 480 с.

RESUME

The article is devoted to the International Year of Astronomy declared by the UN General Assembly in honor of the 400th anniversary of the era of telescopic observations which were made for the first time by Italian physicist and astronomer Galileo Galilei. A brief analysis of the theoretical and applied astronomy development is presented. Main recent achievements are listed and geodetic astronomy role and significance in the Earth shape and dimension determination are marked.



РАКУРС

Программные разработки и услуги в области цифровой фотограмметрии и данных ДЗЗ

выбери
BPIQ6ON

нужный

РАКУРС

Приглашаем Вас принять участие в IX Международной научно-технической конференции «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». 5-8 октября 2009 г. Атика, Греция

Программное обеспечение PHOTOMOD®

Компания РАКУРС является разработчиком цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD, занимающей лидирующие позиции в России и широко распространенной за рубежом.

PHOTOMOD позволяет выполнить весь спектр фотограмметрических работ с получением всевозможных выходных продуктов: цифровых моделей рельефа, ортофотопланов и цифровых карт на основе аэро- и космических изображений и блоков изображений.

Данные Дистанционного Зондирования

Компания РАКУРС является официальным дистрибьютором данных SPOT, GeoEye, FORMOSAT-2, KOMPSAT-2, IKONOS, TerraSAR-X.

Интерактивная модель движения спутников ДЗЗ в режиме реального времени

С помощью модели вы сможете:

- посмотреть положение спутника на текущий момент времени,
- рассчитать положение спутника в заданное время,
- задать Вашу область интереса и определить ближайшее время прохождения спутника через нее,
- получить информацию о наличии архивных данных со спутников на территорию России и стран СНГ.

<http://sputniki.racurs.ru>

129366, Россия, Москва
ул. Ярославская, д.13А, оф. 15

Тел.: (495) 720-51-27
Факс: (495) 720-51-28

E-mail: info@racurs.ru
Internet: www.racurs.ru