

Астролябия Петра Первого

С.Ю. МАСЛИКОВ

директор детско-юношеского
центра “Планетарий”, Новосибирск

Журнал “Земля и Вселенная” уже трагивал тему астролябий (в переводе с греческого “берущая звезды”), когда отмечалось 1000-летие со дня рож-

дения ал-Бируни (Земля и Вселенная, 1973, № 5). Статья называлась “Астролябии Бируни”, но фактически в ней рассказывалось о трактатах Бируни, посвященных астролябиям. Никакого инструмента, имеющего отношение к великому ученому Средней Азии, к сожалению, не сохранилось, и даже неизвестно, какой астролябией он пользовался.

Историки науки уже давно пытаются ответить на вопрос: когда и кто изготовил самую первую астролябию? Изобрести ее могли великие астрономы Птолемей (II в. н.э.), Гиппарх (II в. до н.э.) или даже Евдокс (IV в. до н.э.). Но это только предположения более поздних авторов. Первое письменное подтверждение об использовании астролябии на рубеже IV–V вв. н.э. связано с именем греческого математика, философа и астронома Теона Александрийского (ок. 335–405 г. н.э.), отца знаменитой Гипатии (Земля и Вселенная, 1970, № 1). Однако ни один инструмент тех далеких времен до нас не дошел.

Наиболее древняя сохранившаяся до наших дней астролябия изготовлена в Багдаде в конце VIII в. или в первой четверти IX в. На протяжении более тысячи лет этот небольшой инструмент диаметром 8,5 см переходил из рук в руки, прежде чем оказался в Багдадском археологическом музее. По-



*Арабская астролябия 1090 г.
Из собрания Национального музея США.*



Восточная астролябия-планисфера. Изготовлена в 1587–1588 г. в Лахоре (Индия, ныне Пакистан). Государственный музей Востока, Москва.

сле военного вторжения США в Ирак в 2003 г. музей был разграблен, и судьба этой астролябии неизвестна.

Чем же был этот инструмент для людей, живших сотни лет назад? В первую очередь, астролябия выполняла роль часов. Других переносных устройств для измерения времени вплоть до XVII в. не существовало. Правда, применение астролябии зависело от состояния атмосферы: необходимо было наблюдать звезды ночью или Солнце в дневное время. Другая важная функция астролябии – вычисление положения светил на небесной сфере, их кульминаций, моментов восхода и захода. С ее помощью измерялись углы при решении геодезических задач. Например, используя астролябию, определяли высоту башни или горы, глубину колодца, ширину реки... На астролябии имелись не только измерительное устройство –

алидада и градуированная круговая шкала, но и вспомогательные вычислительные средства – “квадрат теней” (шкалы тангенсов и котангенсов). На оборотной стороне инструмента часто наносились вспомогательные шкалы – например, для определения максимальной высоты Солнца на разных широтах, перечень “лунных стоянок”. Дополнением к нему в странах ислама мог служить “зидж” – набор астрономических таблиц, например “Канон Мас'уда” ал-Бируни 1036 г. или Гургановы таблицы Улугбека 1437 г.

Астролябия – это и вычислительное устройство широкого назначения: для пересчета координат между тремя системами (эклиптической, экваториальной, горизонтальной); для определения моментов астрономических явлений (восходов и заходов Солнца и основных звезд, нанесенных на “пауке” – круглой фигурной решетке); для определения продолжительности дня, моментов наступления сумерек и даже времени для совершения мусульманских молитв. Кроме того, можно было узнать азимут направления на Мекку (“киблу”), получить значения тригонометрических функций – синусов и косинусов. Были у астролябии и другие функции. В комплекте имелся справочник координат городов.

Теоретической основой астролябии считается стереографическая (или планисферная) проекция небесной сферы на плоскость. Еще древнегреческий математик Аполлоний Пергский во II в. до н.э. подметил ряд ее уникальных свойств, главное из которых заключается в том, что любой круг на сфере остается кругом на плоскости. Древние греки называли процесс создания плоской карты звездного неба “разворачиванием сферы”.

Огромное количество астролябий, изготовленных в разных уголках средневекового мира, иногда внешне мало похожих одна на другую, работали по одному принципу. В них воплощалось устройство докоперниканского мира – неподвижная Земля, изображенная с

помощью координатных линий на тимпане (круглом диске), зафиксированном в корпусе, и вращающееся небо – “паук” со звездами, расположенный поверх тимпана.

Круг пользователей этого универсального инструмента был обширен – студенты средневековых университетов и медресе; ученые, состоявшие при дворе высокопоставленных особ и военачальников; путешественники, купцы, астрологи, врачи... Всех их смело можно назвать любителями астрономии поневоле. Они должны были не только изучить приемы работы с астролябией, но и уметь находить на небе основные звезды, сопоставляя их со звездами на решетке инструмента, ориентироваться по сторонам горизонта, понимать законы движения небесных светил... Если провести параллели с современностью, то астролябия, в зависимости от ситуации, могла служить часами, дальномером, теодолитом, компьютером, GPS-приемником, справочником координат, а также наглядным пособием по устройству небесной сферы. Не много ли для латунного диска?

Давайте посмотрим, как был устроен этот инструмент. Примером классической (или планисферной) астролябии может служить та, что хранится в коллекции Зимнего дворца Петра Первого, входящего в структуру Государственного Эрмитажа в Санкт-Петербурге. Эту астролябию начала XVII в. можно назвать типичным “представителем” европейских инструментов.

Астролябия Петра Первого изготовлена из латунных пластин и состоит из восьми деталей. Основная часть – корпус диаметром 257 мм с небольшим ушком для подвешивания инструмента. Ушко настолько маленькое, что трудно назвать его общепринятым словом “трон”. На внешний лимб корпуса нанесена шкала, оцифрованная в градусах и часах. Внутри корпуса двумя штифтами зафиксирован тимпан. В зависимости от широты места (в данном случае 54° или 55°) тимпан поворачивался вверх той или другой стороной. Поверх тим-



*Юный Петр Первый.
Художник Готфрид Кнеллер.*

пана наложена свободно вращающаяся решетка, или “паук”, представляющая собой проекцию звездного неба. На “пауке” обозначен также зодиакальный круг со шкалой, показывающей годовое движения Солнца по эклиптике. Поверх “паука” вращается линейка, облегчающая действия с астролябией и часто выполняющая функцию часовой стрелки. На оборотной стороне корпуса находится алидада (вращающаяся линейка), на концах которой крепятся визирные приспособления для угловых измерений. У астролябии Петра I визиры не сохранились, видны только места их крепления. Все перечисленные узлы – линейка, “паук”, тимпан, корпус и алидада – скрепляются болтом, гайкой и втулкой. Изготовлены детали астролябии из латунных листов толщиной 1,5 мм, “паук” – 0,9 мм. Обод корпуса состоит из трех пластин, соединенных между собой.

Историческая ценность этой астролябии – в том, что с ее помощью обучался юный царь Петр. Об этом рассказывает российский историк Н.И. Костомаров: “Будучи четырнадцати лет от роду [в 1686 г.], он услышал от



Лицевая сторона астролябии Петра Первого.
Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург. Фото автора.

князя Якова Долгорукого, что у последнего был такой инструмент, "которым можно брать дистанции или расстояния, не доходя до того места". Молодой царь пожелал видеть инструмент, но Долгорукий ответил, что он украден. Царь поручил купить себе такой инструмент во Франции, куда Долгорукий ехал послом. В 1688 году Долгорукий привез из Франции астролябию и гото-

вальню с математическими инструментами. Вокруг царя не было ни одного человека, кто бы имел понятие, что это такое. Царь обратился к немцу доктору, но и тот не умел владеть инструментами, а отыскал голландца Франца Тиммермана, который объяснил царю значение привезенных вещей. Царь приблизил к себе Тиммермана и начал

вычисления широты: $\varphi = 90^\circ - (h - \delta)$, где h – высота светила в верхней кульминации, δ – склонение.

Здесь речь идет именно о той астролябии, которая находится в музее, что подтверждается несколькими фактами. Во-первых, тимпан астролябии предназначен для широт 54° и 55° . Мы знаем, что юный Петр в 1688 г., когда получил инструмент, жил в селе Преображенском, немного севернее параллели 55° . Князю В.В. Долгорукому, видимо, пришлось поискать этот инструмент, ведь астролябии для таких широт были редкостью в Европе. И Париж, и даже Лондон лежат южнее Москвы. Предыдущий его владелец и заказчик мог жить на севере Германии, Польши или в Дании. Во-вторых, история этого инструмента в общих чертах известна. После смерти Петра в 1725 г. вместе с другими научными приборами астролябия попала в Кунсткамеру, затем несколько раз меняла свое местонахождение, пока не оказалась в Зимнем дворце Петра I. В коллекциях российских музеев – всего три астролябии европейского происхождения. История одной из них хорошо изучена – это инструмент фламандского мастера Арсениуса (ныне хранится в Кунсткамере). Вторая, “итальянская” астролябия обнаружена совсем недавно в Центральном военно-морском музее Санкт-Петербурга. Третья – героиня нашего рассказа.

Еще один нюанс. На лицевой стороне астролябии Петра Первого рядом с временными шкалами от руки нацарапаны пояснительные надписи: MINVTA и HORA (минута и час). Астролябии были такой ценностью и так дорого стоили, что только царская рука могла позволить себе такой “вандализм”.

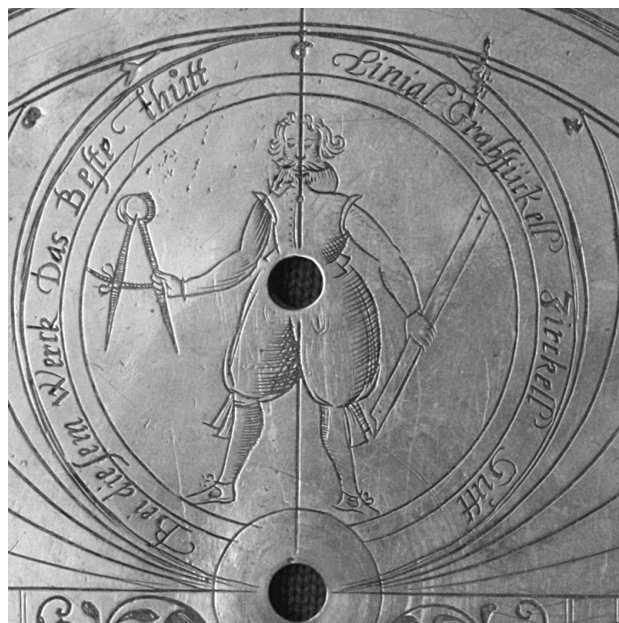
Рассмотрим, какую информацию несет наша астролябия. На ее оборотной стороне мастер выгравировал надпись: ASTROLABIVM GEORGII AÏERSCHOTTELLS VON NÛRMBERG IM IAHR 1614 (Астролябия Георга Айершоттеля из Нюрнберга, год 1614). Об этом мастере мало что известно. Он

был родом из Гrefенберга (севернее Нюрнберга) и в 1606 г. работал подмастерьем у знаменитого нюрнбергского ювелира Фридриха Хиллебранда. Позже о Георге Айершоттеле говорится уже как о самостоятельном ювелире. Астролябия, изготовленная в 1614 г., – единственный известный инструмент мастера. Любопытный рисунок размещен на его оборотной стороне в круге часовых линий. Вокруг фигуры мастера рифмованное двустишие: “Bei diesem Werck Das Beste thutt / Linal Grabstuckell Zirckell Gutt”, что означает в вольном переводе – “высокое качество обеспечивается использованием линейки, пера и делительного циркуля”. Это выглядит как своеобразный сертификат качества изделия. На лицевой и оборотной сторонах астролябии мы видим обилие круговых шкал. На лицевой стороне – часовая и градусные шкалы, причем самые мелкие деления составляют $\frac{1}{3}$ градуса – высокий стандарт нюрнбергской школы! На оборотной стороне – градусная шкала для измерения углов, зодиакальная и две календарных шкалы. Наличие двух календарных шкал объясняется тем, что Пруссия перешла на новый стиль летоисчисления незадолго до изготовления астролябии, в 1610 г., но Нюрнберг относился к протестантской унии, где новый календарь был принят только в 1700 г. Так что в 1614 г., когда была изготовлена астролябия, на территории Германии действовали два календаря. Разница между ними составляла 10 сут. Внутренняя календарная шкала расположена так, что 0° Овна (точка весеннего равноденствия) соответствует $10\frac{1}{3}$ марта – это старый юлианский стиль. На второй шкале нулевой отметке соответствует $20\frac{1}{3}$ марта – новый григорианский стиль. В феврале $28\frac{1}{4}$ суток – так решается проблема високосного года. “Квадрат теней” на оборотной стороне использовался при измерении вертикальных углов. Астролябия приводилась в отвесное положение, то есть подвешивалась за кольцо. Алидада направлялась на нужный

объект, которым могла быть, например вершина башни. Через два диоптра на краях алидады нужно было наблюдать цель и сделать отсчет по шкале высот на лимбе. Нижний край алидады пересекал “квадрат теней”, по нему можно было сразу взять тангенс измеренного угла. Затем, измерив линейное расстояние до башни, можно было быстро определить ее высоту. Более сложные методы позволяли сделать то же самое для объекта, к которому невозможно подойти вплотную.

В верхней части, вокруг фигуры мастера, прочерчены круговые линии неравных, или сезонных, часов. Это старая система счета времени, которая уже отмерла к XVII в., но по традиции шкала часов еще сохранялась на инструментах. В этой системе часы отсчитывались от восхода Солнца, дневное время делилось на 12 дневных часов, а ночное – на 12 ночных часов. Зимой дневные часы были короткими, ночные – длинными.

Посмотрим на тимпан, расположенный в углублении корпуса, под “пауком”. Всевозможные линии образуют такую замысловатую структуру, что с первого взгляда непонятно, как ею вообще можно было пользоваться на практике, тем более что смотреть на линии нужно было сквозь прорези “паука”. Тимпан представлял собой местную (горизонтальную) систему координат. Линии равных высот (альмукуантараты) проведены вокруг точки зенита, а линии равных азимутов сходятся к зениту. И те, и другие проведены через каждые 5° . На 18° ниже горизонта идет сумеречная линия, по которой определялось время окончания астрономических сумерек и наступления ночи – весьма полезная функция для любителей астрономии. Ниже горизонта проведены также линии равных часов. Эта система времени более понятна нам: сутки делились на 24 равных часа, но точкой отсчета был либо восход, либо заход Солнца. Соответственно, часы назывались итальянскими, или вавилонскими. Еще один набор линий на тимпане – астро-

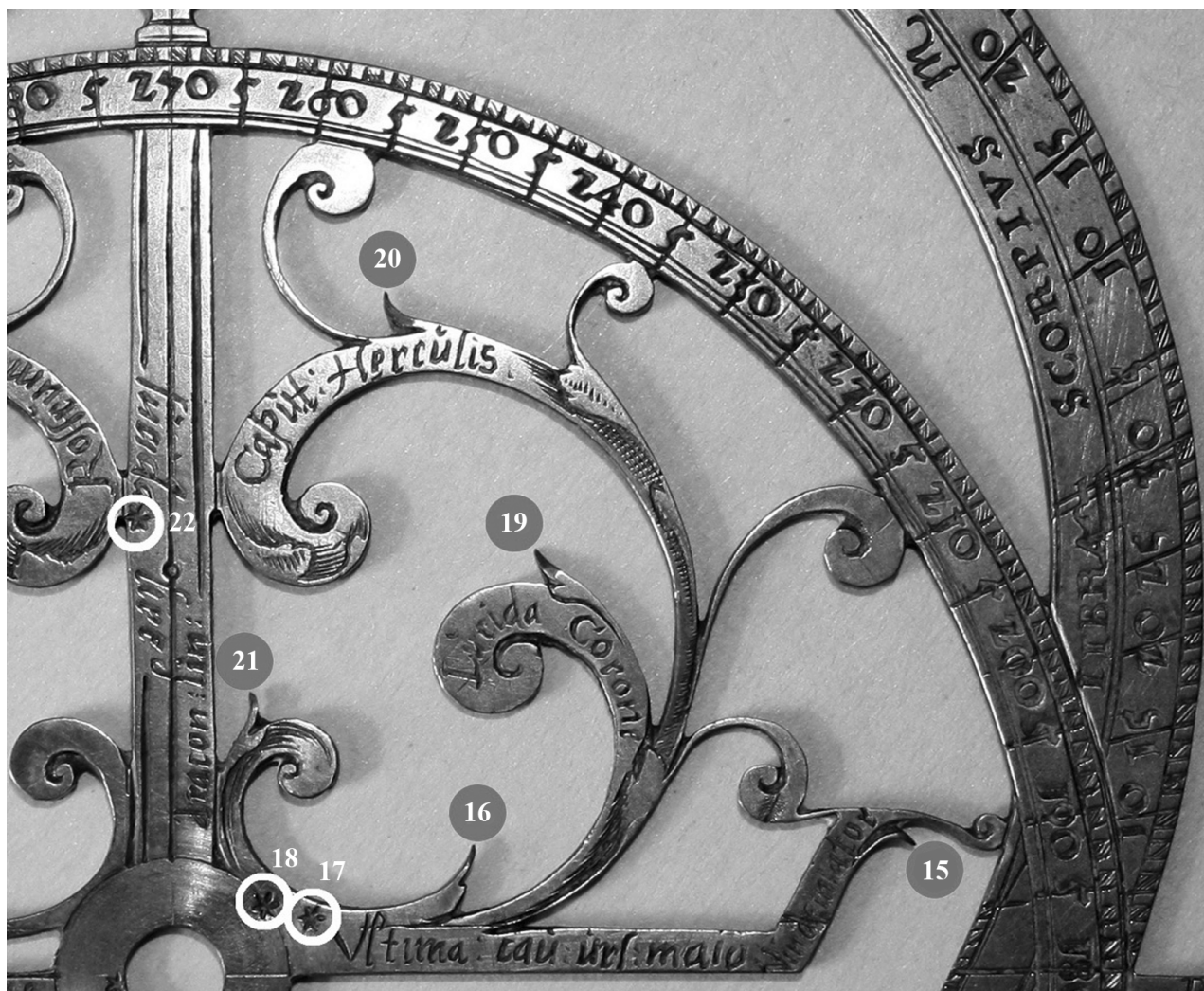


Фрагмент художественного оформления астролябии Петра Первого.

логические “дома”. Первый “дом” начинался от точки восхода и назывался “домом жизни”, второй – “богатства” и т.д.

Для астрономов наиболее интересный элемент астролябии – “паук”. Среди завитков диковинных растений видны заостренные “шипы” указателей звезд, снабженных латинскими подписями. Ориентироваться на таком звездном небе непросто еще и потому, что мы видим небесную сферу словно извне. Представьте себе прозрачный зонтик, на внутренней поверхности которого нарисована звездная карта. Посмотрите на зонтик снаружи, и вы поймете, как сильно отличается такое небо от привычного нам. “Паук” имеет странные пустые “окна”, свободные и от завитков, и от звезд, хотя обычно все его пространство заполнялось. Этому можно найти только одно рациональное объяснение: мастер был неопытен и испортил некоторые фрагменты. Лучшим выходом из ситуации он посчитал удаление “брака”.

Настольным пособием мастеру служила изданная в Нюрнберге годом ранее, в 1613 г., книга Франца Риттера с



Фрагмент решетки (“паука”) астрольбии Петра Первого. Указаны номера звезд на астрольбии, перечисленные в приведенной ниже таблице.

подробным описанием процесса изготовления астрольбии. В книге наряду с рисунками ее отдельных элементов приведен список 52 звезд. Такое количество звезд – результат творческого пополнения звездного списка в XV–XVI вв. Ранее, на протяжении долгого времени мастерам хватало от 17 до 30 самых ярких, или характерно расположенных на небе звезд. Этого было достаточно, чтобы даже при частично облачном небе найти пару звезд и измерить их высоту. На “пауке” нашей астрольбии обнаружены 30 звезд Риттера, в том числе некоторые экзотические, которые не встречались у других мастеров (например, ε Per и α Aql). В то

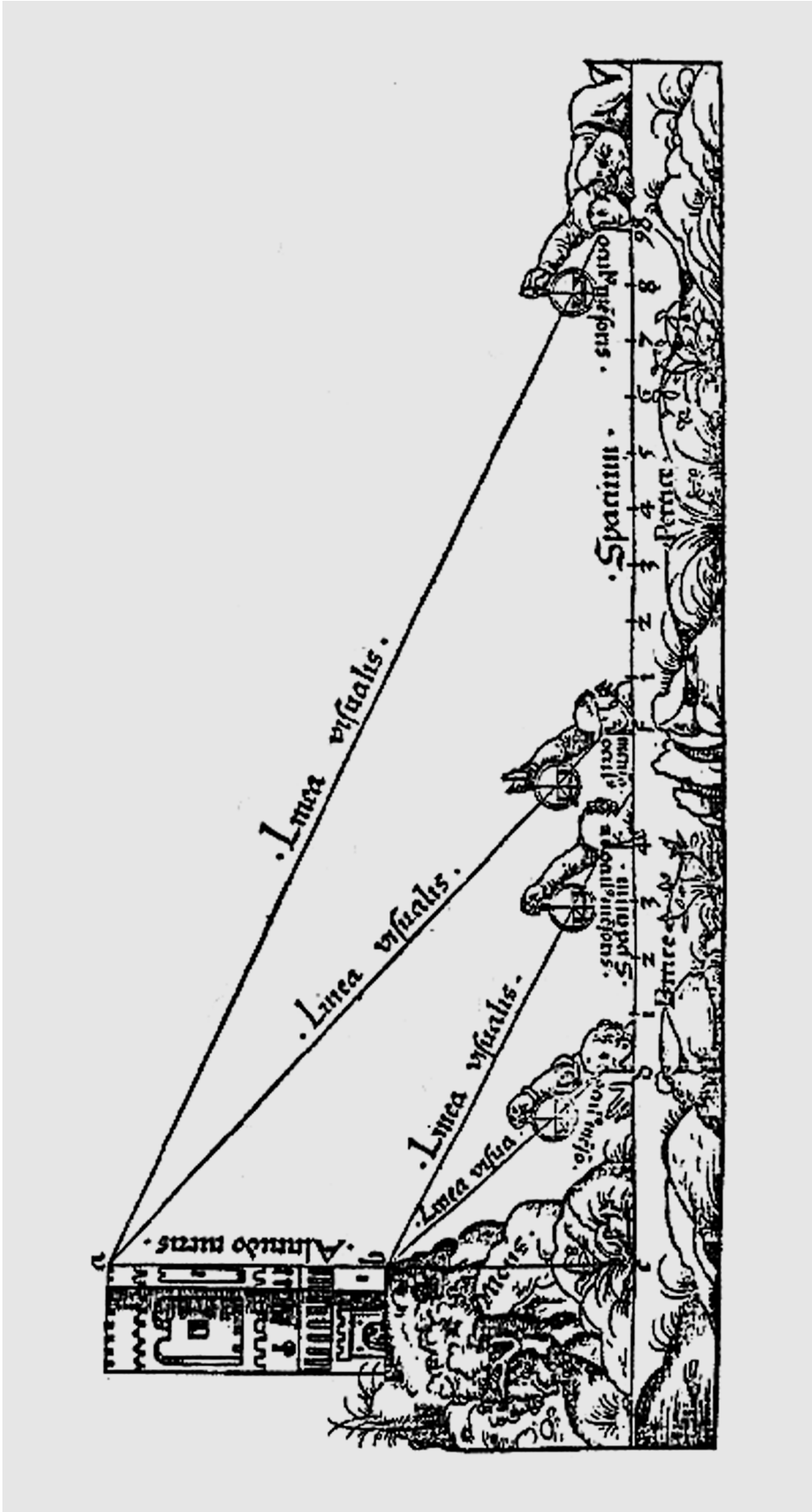
же время отсутствуют яркие звезды, “обязательные к применению” – Бетельгейзе, Альдебаран, Процион, Спика, Антарес. Все они должны находиться на месте “окон” – отсутствующих сегментов “паука”.

Напомню, что книга Франца Риттера была издана в 1613 г. В это время знаменитый астроном Тихо Браге уже составил звездный каталог нового поколения, который после его смерти в 1601 г. достался Иоганну Кеплеру. Но Риттеру этот каталог был еще не известен. Он использовал каталог Клавдия Птолемея, составленный на полторы тысячи лет раньше! Риттер просто увеличил долготы звезд на $21^{\circ}37'$ для

ЗВЕЗДЫ НА АСТРОЛЯБИИ ПЕТРА ПЕРВОГО

№	Надпись на инструменте	Перевод	Современное обозначение
1	Pect ₆ [us] cassiope[a]	Грудь Кассиопеи	α Cas*
2	[Stella polaris]	Полярная	α UMi*
3	Venter Ceti	Брюхо кита	ζ Cet
4	[Caput] algol	[Голова] чудовища	β Per
5	Dex[tru] latūs Persej	Правый бок Персея	α Per
6	Si[nistrum]: Ge[nu]: persej	Левое колено Персея	ε Per
7	Sin[i]st[er] Pes Orio[nis]:	Левая нога Ориона	β Ori
8	Media Cingūli Ori[onis]	Середина пояса Ориона	ε Ori
9	D[extrum]: G[enu]: Orionis	Правое колено Ориона	κ Ori
10	Canis Ma[jor] Siriūs	Большой Пес	α CMa
11	[Cor Leonis Regulus]	Корона Льва	α Leo*
12	Humerus Vrse Maioris	Плечо Б. Медведицы	α UMa
13	Tergu[m Leonis]: Ω	Спина Льва	δ Leo
14	Rostrūm Corvi	Клюв ворона	α Crv
15	Vindemiator	Винодельница	ε Vir*
16	Ultima: cau[dae]: urs[a]: maio[r]is	Крайняя в хвосте Б. Медведицы	η UMa
17	[Lucida Cynosure in quadr. Austr.]	Южная в квадрате Полярной	β UMi*
18	[Lucida Cynosure in quadr. Borea]	Северная в квадрате Полярной	γ UMi*
19	Lūcida Corone	Звезда в короне	α CrB
20	Capūt: Hercūlis	Голова Геркулеса	α Her
21	Dracon[is]: lin[gu]a:	Язык Дракона	β Dra
22	Lucida lire	Звезда в Лире	α Lir*
23	Rostkūm galline	Клюв курицы	β Cyg
24	Aquila	Орел	α Aql
25	[Caput Antinoj]	Голова Антиноя	β Aql*
26	Caūda delph[inj]	Хвост дельфина	ε Del
27	Caūda cŷgni	Хвост лебедя	α Cyg
28	Arctur[us]	Арктур	α Boo
29	Hume[rus] sinister] \approx	Левое плечо Водолея	β Aqr
30	Dex[ter] hūmer[us], Peg[asj].	Правое плечо Пегаса	β Peg

Примечание. В квадратные скобки заключены пропущенные мастером фрагменты надписей. Восемь звезд, отмеченных звездочкой, не имеют указателей-шипов; на “пауке” астролябии они отмечены такой же звездочкой.



Измерение высоты недоступного объекта. Рисунок из трактата немецкого астронома и математика Штёффлера. XVI в.

того, чтобы учесть прецессию. Это примерно на 1° больше, чем необходимо. Впрочем, от астрольбии никто и не ждал точности выше 1° .

Одна из звезд, Арктур, нанесена неточно. Она находится совершенно в другой части неба! Ошибка закралась в список звезд Риттера: указано прямое восхождение звезды – 309° вместо правильных 209° . Мастер не смог распознать ошибку!

Способов применения астрольбии было множество. Как мы уже говорили, это был многофункциональный инструмент. Для примера опишем порядок определения времени. С помощью алидады измеряем высоту какой-либо звезды из числа тех, что имеются на астрольбии, находим ее на “пауке”. На тимпане определяем нужный альмукантарат (круг равных высот), соответствующий измеренной высоте. Вращаем “паука”, пока не совместим указатель звезды с нужным кругом высот. При этом нужно выбрать одно решение из двух возможных – звезда к востоку от меридиана (на инструменте слева) или к западу (справа). По шкалам на обороте астрольбии находим положение Солнца в зодиаке на дату наблюдения, используя нужную календарную шкалу (по новому или старому стилю). Находим соответствующую точку эклиптики на “пауке” – это положение Солнца. Таким образом, мы восстановили картину звездного неба на момент наблюдения. Теперь, воспользовавшись часовыми линиями на тимпане, можно увидеть, в какой часовой сектор попало Солнце и узнать соответствующее время в системе равных часов (от восхода или захода Солнца). Еще один способ – повернуть линейку так, чтобы ее край проходил через положение Солнца. Время можно отсчитать по часовой шкале на лимбе астрольбии. Это будет истинное солнечное время, которое отсчитывается от меридиана: то есть как принято сейчас – от полуночи или полудня. Задача решена. Сложно? Конечно, сложнее, чем просто взглянуть на часы. Но как раз

часов-то у людей того времени и не было. Ну а при определенном навыке проделывать все эти действия можно было чисто механически и очень быстро.

На более привычной подвижной звездной карте с прозрачным накладным кругом можно решать некоторые астрономические задачи почти так же, как с помощью астрольбии. Например, определять моменты восхода или захода ярких звезд и Солнца, моменты прохождения их через меридиан. Точность получается гораздо ниже, чем у астрольбии. Повысить точность расчетов в докомпьютерную эпоху пытались с помощью специальных ухищрений. Так, любители старшего поколения наверняка помнят прилагаемую к справочнику любителя астрономии планисферу В.В. Каврайского.

Где же можно увидеть настоящую астрольбию? В России таких мест немного. В Москве – только в Музее Востока, в Санкт-Петербурге – в Кунсткамере и Эрмитаже. В XVIII–XIX вв., когда век классических астрольбий закончился, так стали называть сравнительно простые геодезические инструменты. Внешне они были похожи на планисферные астрольбии, но имели только одну функцию – измерение горизонтальных углов. Такие инструменты хранятся в музеях нескольких российских городов: например, Москвы (МИИГАиК), Красноярска, Томска, Нижнего Новгорода.

Иногда мы узнаем про старинные инструменты в тот момент, когда они выставляются на аукционах Сотбис или Кристис. Так, астрольбия 1505 г. недавно была продана за 962 500 фунтов стерлингов. На мой взгляд, такие шедевры прошлого имеют гораздо большую ценность и должны принадлежать государственным музеям.

Автор благодарит сотрудников Государственного Эрмитажа М.М. Дандамаеву и Г.Б. Ястребинского за предоставленную возможность изучить астрольбию Петра Первого.

Сайт автора, посвященный астрольбиям:
www.astrolabes.ru

Исследователь гравитационных волн

3 декабря 2015 г. с помощью европейской РН “Вега” с космодрома Куру во Французской Гвиане запущен космический аппарат ESA “LISA Pathfinder” (Laser Interferometer Space Antenna Pathfinder – исследователь космической антенны лазерного интерферометра) – прототип системы космических обсерваторий для поиска гравитационных волн во Вселенной. Аппарат ранее назывался “SMART-2”. Он предназначен для тестирования технологии, с помощью которой могут быть обнаружены гравитационные волны, предсказанные Эйнштейном в Общей теории относительности. 22 января 2016 г. “LISA Pathfinder” вышел на рабочую орбиту в точку Лангранжа L1 – в 1,5 млн км от Земли. В этой области пространства действует только гравитация Земли и Солнца. После калибровки интерферометра (с марта 2016 г.) в течение восьми месяцев будет проводиться эксперимент по измерению отклонений движения КА от геодезических линий.

Космический аппарат “LISA Pathfinder” создан компанией “Airbus Defence and Space” (Вели-

кобритания), его приборы – немецким филиалом этой компании, институтами и организациями Испании, Италии, Нидерландов, Франции и Швейцарии. Коллоидный двигатель сконструирован американской компанией “Busek Space Propulsion”. Диаметр аппарата – 2,9 м, высота – 2,1 м, стартовая масса – 1910 кг, масса на рабочей орбите – 810 кг (из них масса научной аппаратуры – 125 кг). На его борту размещены 36,7-см лазерный интерферометр, инерционные датчики и две бесконтактные системы управления. Внутри аппарата в условиях почти идеального свободного падения находятся два одинаковых незакрепленных кубических тела из золота и платины размером 4,6 см и весом около 2 кг, реагирующие только на гравитацию. Каждое тело парит в отдельной вакуумной камере, отделенной одна от другой пространством в 38 см. По движению тел с помощью лазерного интерферометра будут определять воздействие на них гравитации. Работу детектора объяснил научный руководитель проекта “LISA Pathfinder” Стефано Витале: *“Если поместить две массы в состояние свободного падения без каких-либо пертурбаций, то при прохождении гравитационной волны вы получите эффект их ускорения, вибрации по отношению друг к другу. На протяжении ряда лет мы проводили много экспериментов в земных лабораториях, но только эта лаборатория, которую мы*

размещаем в межпланетном пространстве и которой управляем дистанционно с Земли, позволит нам достичь точности, необходимой для демонстрации присутствия гравитационных волн и возможности наблюдения за ними”.

Нынешний эксперимент – предшественник большого проекта по созданию космической астрономической системы для поиска гравитационных волн, инициированного в 2001 г. совместными усилиями NASA и ESA. Для обнаружения предсказанных Эйнштейном волн планируется запустить в 2034 г. усовершенствованный лазерный интерферометр – космическую обсерваторию “eLISA” (Evolved Laser Interferometer Space Antenna – антенна лазерного интерферометра, развернутая в космосе). Целью проекта является не только детектирование гравитационных волн, но и измерение их поляризации и определение направления на их источник. На основе проведенных измерений предполагается построить карты неба с угловым разрешением порядка нескольких градусов путем исследования низкочастотного гравитационного излучения. В случае успешного проведения эксперимента в течение нескольких лет разрешение для источников высокочастотных гравитационных волн (с периодами менее 100 с) может быть улучшено до нескольких угловых минут.

Пресс-релизы ESA,
3 декабря 2015 г.,
22 января 2016 г.