

Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова
Российской академии наук

На правах рукописи

Масликов Сергей Юрьевич

АСТРОЛЯБИЯ КАК АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ:
ОТ АНТИЧНОСТИ ДО НОВОГО ВРЕМЕНИ

Специальность 07.00.10 – «История науки и техники»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук
Куртик Геннадий Евсеевич

Москва
2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ	
ПЛАНИСФЕРНЫХ АСТРОЛЯБИЙ (ИСТОЧНИКИ)	11
1.1 Общие определения и термины	11
1.2 Литература на иностранных языках	13
1.3 Литература на русском языке.....	17
1.4 Музейные коллекции	22
1.5 Аукционные каталоги и интернет-ресурсы	25
ГЛАВА 2. ИСТОРИЯ АСТРОЛЯБИИ	28
2.1 Основные исторические периоды.....	28
2.2 Ранняя история инструмента (III в. до н. э. – IV в. н. э.)	29
2.3 Разработка конструктивных элементов инструмента (IV – IX вв.).....	32
2.4 Распространение астролябии в странах средневекового Востока и в Европе (IX – конец XIII в.)	33
2.5 Совершенствование конструкции инструмента (XI – XVII вв.).....	36
2.6 Завершающий этап истории астролябии (XVIII – XIX вв.)	44
2.7 Планисферные астролябии в России	46
2.8 Геодезические астролябии.....	46
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	
АСТРОЛЯБИЙ	50
3.1 Теоретические основы использования стереографической проекции.....	50
3.2 Построение элементов небесной системы координат – «паук»	57
3.3 Построение местной системы координат наблюдателя – тимпаны: горизонт и круги равных высот; круги равных азимутов; линии неравных часов; линии мусульманских молитв; линии равных часов; линии астрологических домов; особые пластины	60
3.4 Круговые и линейные шкалы: лимб, линейка и алидада	76
3.5 Обратная сторона астролябии: квадрат теней; шкала неравных (сезонных) часов; линии равных часов; шкалы зодиакальных знаков, киблы, максимальной высоты Солнца; шкала синусов / косинусов; астрологические шкалы	77
3.6 Другие виды астролябий: универсальная астролябия; использование ортографической проекции при изготовлении астролябий; особый вид проецирования в астролябии Филиппа де Ла Ира; варианты астролябий в странах ислама	88
3.7 Инструменты с функционалом астролябии	100

ГЛАВА 4. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСТРОЛЯБИИ	104
4.1 Звездные каталоги и списки звезд	104
4.2 Вычисление эталонных звездных координат	115
4.3 Справочники городов	120
ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСТРОЛЯБИИ	125
5.1 Трактаты об использовании астрольбии	125
5.2 Систематизация функциональных возможностей астрольбии	127
5.3 Определение времени – одна из главных задач, решаемых при помощи астрольбии.....	130
5.4 Определение высот и расстояний на местности	132
5.5 Использование универсальной и других типов астрольбий	134
5.6 Астрольбия как носитель культурологической информации	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	142
ПРИЛОЖЕНИЕ А. КАТАЛОГ ПЛАНИСФЕРНЫХ АСТРОЛЯБИЙ	
ИЗ РОССИЙСКИХ МУЗЕЕВ	158
A.1 Персидская астрольбия полковника Чарковского ¹	165
A.2 Недатированная астрольбия, изготовленная Мухаммадом Халилом ¹	169
A.3 Астрольбия, изготовленная Мухаммадом Халилом в 1682 г. ¹	172
A.4 Малая персидская астрольбия, изготовленная Абд Ал-А’иммом ¹	175
A.5 Универсальная астрольбия Рохаса восточного происхождения ¹	177
A.6 Персидская астрольбия, изготовленная Мухаммадом Тахиром ¹	180
A.7 Большая деревянная астрольбия, изготовленная в 1720/21 г. ¹	183
A.8 Астрольбия, изготовленная Абд ал-Гафуром. Конец XVIII в. ¹	192
A.9 Московская астрольбия, изготовленная в Лахоре в 1587/88 г. ²	196
A.10 Мавританская астрольбия академика Б. Дорна ³	205
A.11 Астрольбия с басмалой ³	207
A.12 Итальянская комбинированная астрольбия ⁴	209
A.13 Фламандская комбинированная астрольбия Гуалтеруса Арсениуса ³	213
A.14 Немецкая астрольбия Георга Айершоттеля ¹	217
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	220

¹ ГЭ – Государственный Эрмитаж, С.-Петербург.

² МКВ – Музей культуры народов Востока, Москва.

³ МАЭ – Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера), С.-Петербург.

⁴ ЦВММ – Центральный военно-морской музей, С.-Петербург.

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования в данной диссертации является многофункциональный научный инструмент – планисферная астролябия, которая рассматривается на всем интервале ее исторического развития – с III в. до н. э. по XIX в. н. э., прежде всего как астрономический инструмент.

Цель работы – изучение происхождения, теоретических основ, эволюции конструктивных особенностей и функциональных возможностей астролябии на протяжении всей ее истории для последующей идентификации научной информации, которую содержат хранящиеся в российских музеях инструменты, а также для выявления уровня астрономических знаний в эпоху их изготовления, путей и способов передачи сопутствующей информации.

Актуальность темы исследования. Планисферная астролябия сыграла весьма значительную роль в истории астрономии. Астролябии рассматриваются в многочисленных письменных источниках – сочинениях, созданных в эпоху Средневековья и Нового времени, а также в значительном числе современных исследований. Вещественные источники – дошедшие до нашего времени инструменты – хранятся в музеях и частных коллекциях и являются весьма информативными памятниками истории науки и техники.

История астрономических инструментов – важнейший раздел истории астрономии. В развитии астрономии создание инструментов сыграло ключевую роль. До появления инструментов античные ученые могли только наблюдать происходящие на небе явления и выдвигать гипотезы, объясняющие их происхождение. Настоящая наука началась лишь после того, как была осознана важность проведения наблюдений и разработаны соответствующие инструменты и методы работы с ними. Можно утверждать, что наблюдения и измерения явились «остовом научного познания» [Бернал, 1956, с. 22–23].

Самым ранним известным астрономическим инструментом считается гномон, который появился впервые в древней Месопотамии, а затем использовался в античной Греции. Позднее в Греции появились также солнечные часы и угломерные приборы различных видов. Некоторые сложные астрономические инструменты, получившие распространение в эпоху эллинизма, описаны в «Альмагесте» Птолемея (II в. н. э.); среди них, однако, не содержится описания планисферной астролябии [Птолемей, 1998]. Самые ранние экземпляры планисферной астролябии были созданы в эпоху позднего эллинизма, не позднее IV в. н. э. Астролябия стала квинтэссенцией античных знаний и на протяжении как минимум полутора тысяч лет – с IV по XIX в. – несла эти знания через страны Ближнего Востока, Центральной Азии, Индии, северной Африки, Европы.

Астролябия в ее классическом варианте конструкционно и в виде приложений содержала весьма разнообразную информацию, относящуюся к науке своего времени, в том числе:

1) астрономическую составляющую – данные о построении на плоской поверхности основных кругов и точек трех сферических координатных систем, о взаимном движении этих систем, об используемых звездах и их координатах; астролябия для своих пользователей являлась практическим пособием по астрономии и часто использовалась совместно с астрономическими таблицами и зиджами;

2) географическую составляющую – данные, заимствованные из каталогов населенных пунктов с их координатами и методами вычисления взаимных направлений; сведения об изменении вида звездного неба на различных широтах и т. д.;

3) математическую составляющую – об используемых математических функциях, о круговых и линейных тригонометрических шкалах, о криволинейных номограммах для определения азимутов направлений на Мекку (кибла) и др.;

4) техническую составляющую – о технологическом уровне эпохи изготовления инструмента, определяемому по анализу методов обработки и химическому составу металлов, по технике нанесения линий и символов, по анализу используемых приемов наблюдений и др.;

5) лингвистическую и культурологическую компоненты, в т. ч. религиозные и астрологические сведения, содержащиеся в научных терминах, в названиях звезд, в разнообразной справочной информации, имеющей вавилонское, египетское и греческое происхождение, в именах мастеров или их династий, в посвящениях владельцам астролябий или покровителям, а также в стихотворных текстах, орнаментах и художественных элементах на поверхности инструментов.

Таким образом, комплексное междисциплинарное изучение планиферной астролябии позволяет получить широкий спектр данных, проливающих свет как на историю астрономии и науки в целом, так и на историю культуры вообще в конкретную эпоху и в конкретном регионе. Изучение астролябий, хранящихся в музеях, дополняет письменные источники, причем качественно иной информацией. В каком-то смысле астролябия выходит за границы не только истории астрономических инструментов, но и самой истории астрономии и даже истории науки. Данный факт часто недооценивается историками науки в существующих изданиях по истории астрономии [Берри, 1946; Паннекук, 1966; Еремеева, Цидин, 1989].

Степень разработанности темы. В числе первых современных исследователей астролябий был российский академик Б. А. Дорн. В 1865 г. он подготовил труд, обобщающий сведения не только о российских, но и о европейских инструментах, известных в то время [Dorn, 1865]. Второй период исследования астролябий в России в 1960-х гг. связан с именем

советского историка В. Л. Ченакала, который подготовил в числе прочих каталогов также перечень планисферных астролябий из музеев Советского Союза [Ченакал, 1968].

Во второй половине XX в. в нашей стране был опубликован ряд работ, в которых были представлены результаты изучения астрономических трактатов среднеазиатских ученых. Многие из этих трактатов затрагивали вопросы, связанные с астролябиями. Наиболее важный вклад в интересующую нас тему сделали советские и российские авторы – М. М. Рожанская, Г. П. Матвиевская, З. К. Соколовская, И. О. Лютер, Б. А. Розенфельд, А. К. Таги-Заде, Н. Д. Сергеева, С. А. Вахабов и др.

А вот исследований самих астролябий как памятников истории науки и техники, хранящихся в музеях, в нашей стране практически не было. И хотя таких инструментов в российских музеях совсем немного – всего 14, большая их часть до сих пор остается своего рода “*terra incognita*” и не используется российскими историками науки и историками астрономии. Астролябии почти не экспонируются в музеях из-за трудностей увязки этих насыщенных информацией объектов с более простыми артефактами. Отсутствуют также обобщающие исследования, в которых суммировались бы результаты работ, посвященных астролябиям. Нет систематических работ по теории, истории и применению этих во многом уникальных инструментов.

Это выглядит особенно контрастно на фоне многочисленных зарубежных работ. За вторую половину XX в. западными исследователями – Д. Кингом, П. Куничем, Д. Прайсом, Ф. Сезгином, Дж. Тёрнером и другими, проведена каталогизация большей части сохранившихся астролябий, систематизирована информационная составляющая этих инструментов.

Таким образом, учитывая высокую актуальность и низкую разработанность темы в отечественной науке, можно сформулировать задачи данного исследования.

Задачи исследования:

1) по результатам анализа имеющейся информации в области изучения астролябий показать наличие малоисследованных или не исследованных направлений, наметить наиболее актуальные пути раскрытия темы;

2) на основе изучения истории астролябии, начиная со времени зарождения идеи инструмента и до расцвета практики его применения и последующего упадка, установить закономерности каждого исторического этапа, показать неизбежность развития альтернативных разновидностей астролябии;

3) оценить уровень математических знаний в различные эпохи, а также вывести критерии для оценки качества изготовления как инструментов в целом, так и их отдельных элементов, на основе изучения математических методов, которые использовались при проектировании и изготовлении астролябии;

4) проследить эволюцию и выявить взаимосвязи многочисленных списков звезд и географических координат, составленных в различные эпохи, как наиболее интересных в научном отношении данных;

5) систематизировать многочисленные приемы работы с астролябией, очертить круг возможных пользователей инструмента и локализовать типовые места его применения;

б) ввести в научный оборот сведения о всех известных в настоящее время планисферных астролябиях, хранящихся в российских музеях.

Комплексный анализ разноплановой информации требует междисциплинарного взаимодействия. Показать необходимость такого сотрудничества коллегам – это еще одна неофициальная задача данной диссертационной работы.

Научная новизна исследования. В диссертации и в публикациях автора впервые на русском языке систематизирована информация о планисферных астролябиях. В частности, рассмотрена история астролябии за весь период ее существования, в том числе в России. Аналогичного описания нет ни в зарубежной, ни в отечественной литературе.

Возвращены в научный оборот практически неизвестные ранее работы академика Б. А. Дорна XIX в. Рассмотрены причины некорректного использования в России термина «астролябия» в XVIII – XIX вв. применительно к угломерным геодезическим инструментам.

Разработана и реализована на практике с использованием компьютерных технологий методика анализа точности звездных координат. Введены в научный оборот описания четырнадцати инструментов, которые хранятся в российских музеях, в том числе итальянской астролябии из Центрального военно-морского музея, ранее неизвестной российским и зарубежным исследователям. Три астролябии исследованы максимально подробно. Одна из них – немецкая астролябия 1614 г., обнаружен письменный источник, на основании которого она изготовлялась (см. А.14). Для астролябии из Музея Востока, изготовленной в городе Лахоре (Индия, ныне Пакистан), установлен ее персидский прототип. Третий инструмент – это уникальная по размерам астролябия, изготовленная из дерева (см. А.7).

Впервые предложена методика оценки функциональности инструмента, то есть сфер его применения. Таким образом установлены количественные соотношения астрономических, математических, географических, астрологических и иных задач.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в следующем:

1) данная диссертационная работа вводит российские астролябии в научный оборот, позволяя западным и отечественным исследователям заполнить «белые пятна» в истории инструмента, дополнить существующие каталоги астролябий, и наоборот, более широко раскры-

вает историю российских инструментов, которые получают возможность найти своих зарубежных «родственников»;

2) данное исследование предоставляет практическую информацию для специалистов тех российских музеев, в фондах которых имеются планисферные астролябии. Сотрудники музеев получают возможность более точно определить роль и место этих инструментов в структуре музейных экспозиций, систематизированных по географическим, временным или иным параметрам;

3) для специалистов, работающих в смежных с астрономией направлениях истории науки, появляется возможность расширить свои исследования за счет новой информации, которую дают астролябии;

4) материалы исследования могут быть основой для подготовки обобщающих трудов (монографий) по истории астрономических инструментов, а также использоваться в курсах лекций по истории науки для студентов высших учебных заведений, в научно-популярных лекциях в планетариях.

Методология и методы исследования. Предпринятое диссертационное исследование выполнено с учетом разработок в области истории науки и техники (историографии и источниковедения в частности), естественнонаучного знания (астрономии, математики, географии), культурологии, музееведения и других наук. Междисциплинарный характер определил методологические особенности работы. Основными принципами изучения и представления материалов в диссертации являются историзм и научная объективность. С учетом этих принципов осуществлялся анализ отдельных источников, установление достоверности, полноты и информационной ценности исследуемых объектов.

Положения, выносимые на защиту:

1) теоретические основы создания астролябии были заложены не позднее времени Аполлония Пергского (III в. до н. э.); сама же планисферная астролябия в классическом исполнении впервые появилась в IV в. н. э. в Александрии. Самые ранние, сохранившиеся до нашего времени арабские инструменты датируются IX в. н. э.;

2) перечень 30 звезд Клавдия Птолемея, содержащийся в его труде «Фазы неподвижных звезд», по своему составу и наличию характерных звезд был близок к некоторым спискам арабских астрономов и с небольшими изменениями использовался при изготовлении астролябий в IX и X вв.;

3) методика измерения звездных указателей на пауке и соответствующая компьютерная программа, которые позволяют вычислить координаты звезд паука, оценить присущие им ошибки, сравнить их с теоретическими (эталонными) координатами;

4) методика оценки функциональности инструмента, то есть соотношения астрономических, математических, астрологических и иных методов практического применения инструмента; данная методика основана на анализе трактатов, в которых перечисляются многочисленные способы использования астролябии;

5) одна из первых астролябий индийского города Лахор XVI в., хранящаяся ныне в Музее Востока в Москве, имеет иранские корни; данная астролябия находится у истоков школы мастеров, существовавшей в Лахоре на протяжении около 150 лет;

6) величина арабской единицы длины «фарсах», полученная в результате изучения большой деревянной астролябии из Эрмитажа, равна $7,50 \pm 0,35$ км;

7) каталог астролябий из российских музеев; данный каталог содержит следующие сведения: общие характеристики инструментов (материал, размеры, вес), характеристики отдельных элементов астролябии, сопроводительная информация и надписи на поверхности инструмента (частично прочитаны), перечень звезд и городов (частично идентифицированы), ссылки на аналогичные инструменты (если обнаружены), имеющиеся библиографические и другие сведения.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные концептуальные положения и выводы исследования изложены в трех докладах, представленных научной общественности на международных научных конференциях в России и за рубежом: два доклада на III Международной научной конференции «Архивное востоковедение» (Институт востоковедения РАН, Москва, 12–14 ноября 2014 г.), один доклад на 34-м Симпозиуме комиссии по научным инструментам (XXXIV Symposium of the Scientific Instrument Commission) (Турин, Италия, 7–11 сентября 2015 г.); тезисы докладов опубликованы. Работа обсуждалась в Институте истории естествознания и техники РАН (в отделе истории физико-математических наук) и на заседаниях Общественного объединенного семинара по истории астрономии (19.02.2013 г., 17.05.2016 г.). Материалы диссертации нашли отражение в 11 публикациях, в том числе в трех журналах, рекомендованных ВАК, и в двух зарубежных изданиях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. В соответствии с формулой специальности 07.00.10 – «История науки и техники», содержанием специальности является история становления и развития мирового и отечественного науковедения, история становления и развития [в числе прочих] технических, физико-математических, географических наук, а также взаимодействие отечественной и мировой науки в изучении конкретных научных проблем. Исследования в рамках указанной специальности способствуют обобщению историко-научного материала с целью воссоздания целостной картины становления и развития отдельных отраслей научного знания и конкретно – астрономии. Диссертация

ция является теоретическим и практическим исследованием в области истории астрономии и истории астрономических инструментов.

Диссертация соответствует следующим областям исследования специальности 07.00.10: п. 3. История исследований и открытий в конкретных областях научного знания; п. 4. Выявление и исторический анализ неизвестных ранее фактов и нововведений, представляющих научную и историческую ценность; п. 5. Обобщение историко-научного материала с целью воссоздания целостной картины становления и развития отдельных наук и отраслей научного знания.

Структура диссертации. Степень изученности различных аспектов поставленных задач и логика их разработки обусловили следующую структуру диссертации. Она состоит из введения, пяти глав, разделенных на разделы, заключения, списка литературы. Общий объем работы 157 страниц. Практические результаты диссертационной работы изложены в Каталоге планиферных астролябий из российских музеев, который приведен в Приложении А, на 72 страницах, так что общий объем работы составляет 229 страниц.

В первой главе приводится обзор источников, изученных за время работы над диссертацией. Под источниками понимаются не только письменные, но и вещественные источники, то есть сами инструменты и информация, связанная с ними. **Во второй главе** прослеживается история астролябии, начиная с изобретения планиферной проекции во III в. до н. э. и заканчивая последними мастерами и инструментами XIX в. **Третья глава** содержит описание математических принципов конструирования и использования астролябии. Рассмотрены элементы инструментов, как восточного, так и европейского происхождения. **В четвертую главу** вынесены два наиболее обширных предмета исследования – списки звезд и списки городов. С помощью изучения этих списков появляется возможность установить связь исследуемых материальных предметов с письменными источниками. **В пятой главе** раскрываются основные приемы практического использования астролябии, а также оценивается соотношение различных применений инструмента – в целях решения задач по астрономии, географии, математике, астрологии. Работа завершается **заключением и списком литературы**, который включает 105 наименования на русском языке и 128 наименований на иностранных языках, всего 233 наименования.

Во время работы над диссертацией был запущен авторский web-сайт, где публиковались некоторые промежуточные результаты, URL: www.astrolabes.ru.

ГЛАВА 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНИСФЕРНЫХ АСТРОЛЯБИЙ (ИСТОЧНИКИ)

В первой главе рассмотрим письменные и вещественные источники, которые явились основой исследования. К ним относятся как современные работы, так и первоисточники, переведенные на европейские языки или на русский язык, а также различные каталоги и сами инструменты – памятники науки и техники, сохранившиеся в музеях. Но прежде приведем общие определения и термины, используемые в тексте диссертации.

1.1 Общие определения и термины

Слово «астролябия» имеет греческие корни $\acute{\alpha}\sigma\tau\rho\omicron$ – «звезда» и $\lambda\acute{\alpha}\beta\rho\nu$ – «брат», что подразумевает возможность измерить положение звезды, иными словами «взять ее с неба» (араб. *asturlāb*). И действительно, один из главных элементов астролябии – «паук» – представляет собой звездную карту.

Определение «планисферная», применительно к главному объекту данного исследования, подразумевает наиболее распространенный, классический вид астролябий, слово происходит от лат. *planum* – «плоскость» и др.-греч. $\sigma\phi\alpha\acute{\iota}\rho\alpha$ – «шар, сфера». Имеется в виду проектирование небесной сферы на плоскость. Термин используется также в сочетании со словом «проекция». В диссертации будут даны определения и других видов астролябий – сферических, линейных, морских, геодезических.

Аналогом античного термина «планисферная проекция» является более поздний термин «стереографическая проекция» (от греч. $\sigma\tau\epsilon\rho\epsilon\omicron\varsigma$ – «тело» и $\gamma\rho\acute{\alpha}\varphi\omega$ – «писать, описывать»).

Для обозначения отдельных частей астролябии в работе используются термины, ранее применявшиеся российскими и советскими исследователями, преимущественно при изучении трактатов об астролябиях. Некоторые части астролябии имеют два или более устоявшихся названия на русском языке. Например, «паук» и «решетка» (в англоязычной литературе “rete”), «оборотная сторона» и «спинка» астролябии (англ. “back”). В данной работе автор придерживается названий – «паук» и «оборот» соответственно.

На рисунке 1.1 и в таблице 1.1 приведены названия основных частей астролябии. Более детально элементы астролябии будут рассматриваться в главе 3.

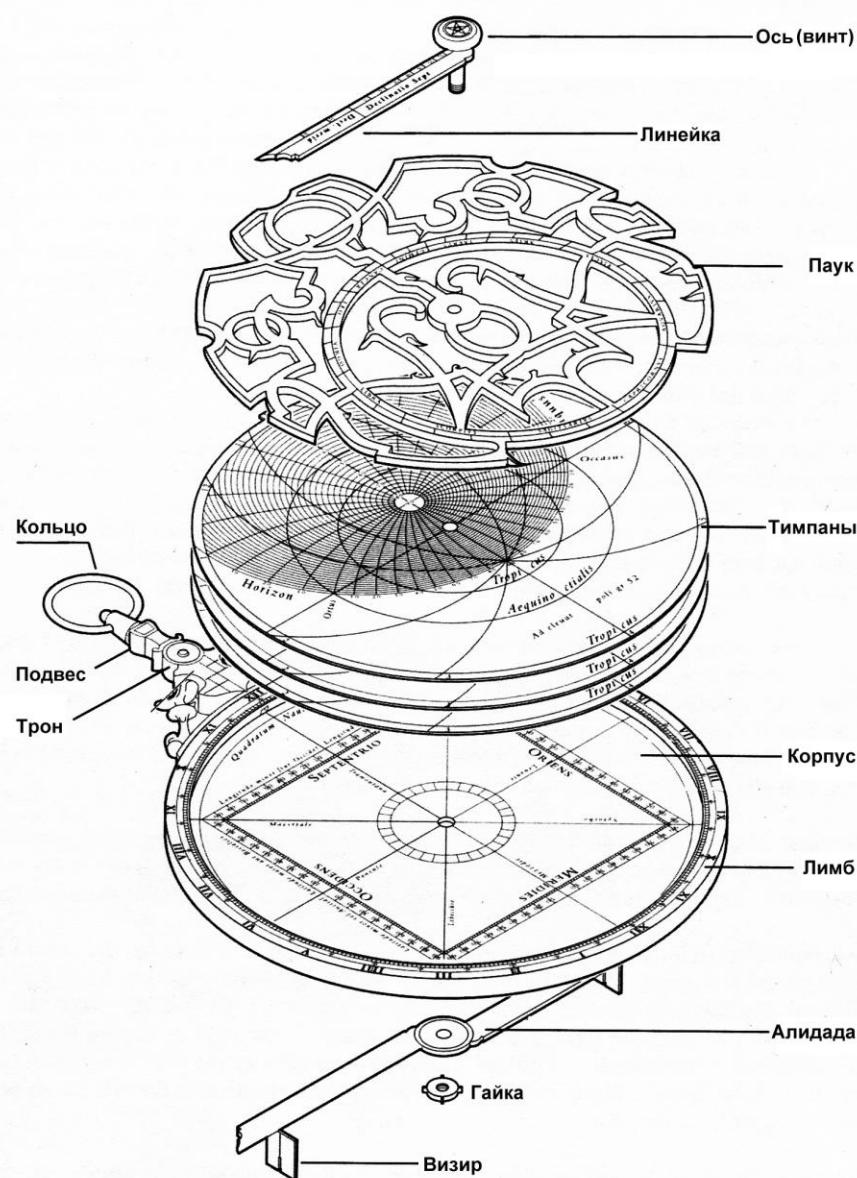


Рисунок 1.1 – Основные части европейской планисферной астрольбии [Morrison, 2007, p.8].
Линейка не являлась обязательным элементом восточных инструментов, в которых для фиксации оси использовался не винт, а ось со шплинтом в форме головы лошади, который так и назывался – «лошадка».

Таблица 1.1 – Соответствие основных терминов на русском, английском, латинском и арабском языках

Русский	Английский	Латинский	Арабский
Астрольбия	Astrolabe	astrolabium	aṣṭurlāb
Трон	Throne	armilla fixa	kursī
Подвес	Shackle	armilla reflexa	urwa
Кольцо	Ring	armilla suspensoria	ḥalqa
Лицевая сторона	Face	facies	wajh
Корпус	Body	mater	umm

Продолжение таблицы 1.1

Паук	Spider	aranea, rete	^c ankaḅūt
Тимпан	Plate	tympanum	ṣafīḥa (мн. ч. ṣafa'ih)
Оборотная сторона	Back	dorsum	zahr
Ось	Axis	clavus	kuṭḅ
Лошадка	Wedge, horse	equus	faras
Шайба	Ringlet		fals
Географический справочник	Gazetteer	–	
Алидада	Alidade	alhidade	al- ^c iḏāda
Визирь	Sights, vanes	dioptr	
Линейка	Rule	regula, index, ostensor	–
Лимб	Rim	limbus	ḥajra

1.2 Литература на иностранных языках

Первые исследования по истории астрономии появились в Европе в конце XVII – начале XVIII в. Следует отметить, что в числе первых трудов по этой теме – работа академика Петербургской Академии наук француза Ж. Н. Делиля «Об одной персидской рукописи астрономических таблиц Улугбека», написанная в 1739 г. [Невская, 1974; Невская, 1984, с. 176–177]. Более близкими к теме астрономических инструментов были работы французов – отца и сына Седийо (1777–1832 и 1808–1875 соответственно), выполненные в начале XIX в., через сто лет после Делиля [Sédillot (père), 1834–1835; Sédillot (fils), 1844].

Некоторые историки науки поняли, что сами инструменты могут являться такими же важными источниками информации, как письменные источники, и принялись за изучение конкретных инструментов. Здесь также в числе первопроходцев мы видим российского академика, теперь уже немецкого происхождения, Б. А. Дорна (1805–1881). О его работах, написанных в период с 1838 по 1865 г. будет сказано ниже в разделе 1.3. Другие работы этого же периода об астролыбиях принадлежат немецкому и французскому ученому Францу Вэпке (Franz Woerke) (1826–1864), а также английскому востоковеду Вильяму Морли (William Hook Morley) (1815–1860) [King D., 2005, p. X].

В начале XX в. в исследованиях астрономических инструментов наступила пауза. Дэвид Кинг отмечает только работу Джозефа Франка 1920 г. по истории нестандартной астролыбии и работу об индийской астролыбии, написанную им же в соавторстве с Максом Мейерхофом в 1925 г. [King D., 2005, p. xi]. Новый всплеск активности исследователей связан с появлением в коммерческом обороте ряда частных коллекций астролыбий и, как следствие, выходом в 1932 г. фундаментальной работы Роберта Гюнтера. С Гюнтера мы и начнем обзор зарубежной библиографии. Дальнейшее изложение ведется в хронологическом порядке, по

дате рождения авторов. Для первоисточника учитывается дата издания его перевода или комментариев.

Роберт Гюнтер (Robert Günter) (1869–1940) – британский зоолог и историк науки, основатель Музея истории науки (Museum of the History of Science) в Оксфорде. Главный его труд – 14 книг об истории науки. Нас, прежде всего, интересует каталог «Астролябии мира» [Günter, 1932], который на протяжении десятилетий оставался наиболее авторитетным изданием такого рода. В нем содержится информация о 336 астролябиях с хорошими иллюстрациями, а также обширная библиография на 23 стр., включающая 4 работы нашего академика Б. А. Дорна. Причем, к последней работе Дорна [Dorn, 1865] дан комментарий: «содержит список восточных глобусов, астролябий и солнечных часов из Европы». Значение каталога Гюнтера несколько снизилось после критики со стороны авторитетного исследователя Д. Прайса (о нем см. ниже), который писал: «некорректных данных в каталоге содержится больше, чем корректных» [De Solla Price, 1957, p. 491].

Эрнст Циннер (Ernst Zinner) (1886–1970) был директором обсерватории в Бамберге (Германия) с 1926 по 1953 г. В списке его публикаций затрагивается как звездная астрономия, так и история астрономии. Циннер классифицировал астролябию, прежде всего, как прибор для измерения времени [Zinner, 1956, p. 135–145]. Среди прочих его работ необходимо отметить статью о ранней форме астролябии [Zinner, 1947].

Лео Майер (Leo Ary Mayer) (1895–1959), ректор Иерусалимского университета в 1943–1945 гг., не имел большого количества работ по астролябиям, однако внимания заслуживает обзор исламских мастеров, изготавливавших астролябии [Mayer, 1956]. Работа удостоилась положительной оценки Д. Прайса [De Solla Price, 1957].

Отто Нейгебауэр (Otto E. Neugebauer) (1899–1990). Из огромного количества работ этого одного из самых выдающихся исследователей в области истории точных наук, нас, прежде всего, интересует его работа о ранней истории астролябии [Neugebauer, 1949], а также его фундаментальное исследование, посвященное истории античной астрономии, часто сокращенно обозначаемое НАМА⁵ [Neugebauer, 1975].

Эдвард Кеннеди (Edward S. Kennedy) (1912–2009). Авторитетный американский историк астрономии и математики в странах ислама. Опубликовал три книги об ал-Бируни, две об ал-Каши, написал около 120 статей, ряд которых были собраны в двух томах [Kennedy, 1983; Kennedy, 1998]. Высокий индекс цитирования имеет его работа об арабских зиджах [Kennedy, 1956].

Дерек де Солла Прайс (Derek J. de Solla Price) (1922–1983) внес большой вклад в наукометрию, построив первые модели, оценивающие научный уровень ученого, использо-

⁵ НАМА – History of Ancient Mathematical Astronomy.

вал понятие индекса цитирования, изучал антикитерский механизм. Для нас важнейшими его работами являются: каталог с перечнем 701 астрольбии [De Solla Price, 1955a] и дальнейшее расширение этого списка до 1000 позиций в соавторстве с двумя другими учеными [Gibbs, Henderson, de Solla Price, 1973]. Нумерация инструментов, введенная Прайсом, используется и в настоящее время – это так называемый **ICA** или **IC** номер (An International Checklist of Astrolabes) или **CCA** (Computerized Checklist of Astrolabes). При этом номера меньше 400 отданы для инструментов, описанных Гюнтером [Günter, 1932], номера до 2000 соответствуют первому каталогу Прайса [De Solla Price, 1955a]. Номера до 4000 используются для инструментов, описанных до 1973 г., от 4001 до 5000 – для астрольбий после 1973 г., от 5001 до 6000 – для квадрантов, от 9001 до 9999 – для копий (реплик) и подделок.

Фуат Сезгин (Fuat Sezgin) (р. 1924) работал в Институте истории арабо-исламской науки во Франкфурте-на-Майне (Institute for the History of Arabic-Islamic Science), много сделал для систематизации сохранившихся источников. Пять сборников, изданных в 1990–1991 гг., содержали репринтное воспроизведение работ различных авторов с 1805 по 1931 гг. [Sezgin, 1990; 1991]. В первом томе содержалась заключительная работа Дорна [Dorn, 1865] и письма Ханыкова к Дорну, перечень работ имеется в интернете ⁶.

Фуат Сезгин с 1983 г. проводил реконструкцию старинных инструментов для Стамбульского музея истории исламской науки и техники. В 2003 г. музей, находившийся тогда во Франкфурте, имел уже около 800 экспонатов. В Стамбуле он был открыт в 2008 г. Большое количество экспонатов описано в двухтомном каталоге, второй том включает раздел «Астрольбии и квадранты» [Sezgin, Neubauer, 2003, p. 79–144], среди которых около 30 астрольбий. Каталог Сезгина имеется в открытом доступе на неофициальном сайте музея⁷.

Герард Тёрнер (Gerard L'Estrange Turner) (1926–2012) более 15 лет работал в Оксфордском музее истории науки над списком 5000 британских мастеров, изготавливавших научные инструменты [Directory of British..., 1994]. Лучшие его работы собраны в объемной 310-страничной книге [Turner, G. L'E, 2003a]. В числе прочих работ здесь описаны три астрольбии фламандского мастера и картографа Герарда Меркатора, принадлежность инструментов которому была установлена Тёрнером.

У Герарда Тёрнера был однофамилец, написавший несколько работ о научных инструментах – Антоний Тёрнер [Turner, A., 1985; 1988; 1989; 2005].

Пауль Кунитш (Paul Kunitzsch) (р. 1930) – выдающийся историк средневековой астрономии, написал большое количество работ об астрольбиях. Наиболее заметные из них собра-

⁶ Проект Al-Kindi – URL: <http://alkindi.ideo-cairo.org/controller.php?action=SearchNotice¬iceId=88701> (дата обращения 12.04.2016)

⁷ Сайт Стамбульского музея по истории науки и техники – URL: <http://ibttm.org> (дата обращения 12.04.2016)

ны в авторские сборники [Kunitzsch, 1989; 2004] и сборник, изданный к его 70-летию [Sic Itur Ad Astra..., 2000]. Отдельные монографии посвящены исследованию Альмагеста [Kunitzsch, 1974] и арабским названиям звезд [Kunitzsch, Smart, 1986]. При работе над диссертацией был использован целый ряд его работы, в основном, по звездным спискам.

Проф. Кунич в 2014–2016 гг. в ходе электронной переписки с автором диссертации любезно проверил и исправил списки звезд астрольбии Петра Первого (А.14), астрольбии из Музея Востока (А.9) и итальянской астрольбии (А.12).

Дэвид Кинг (David A. King) (р. 1941) с 1985 по 2007 гг. возглавлял Институт истории науки (Institute for the History of Science) Университета Гёте во Франкфурте-на-Майне. Наиболее фундаментальный труд – «В согласии с небом» – является своего рода квинтэссенцией его многолетних исследований. Д. Кинг рассматривает все вопросы, имеющие отношение к созданию и использованию астрольбий, каталогизирует сохранившиеся до нашего времени инструменты. Как считает Д. Кинг, основной потребностью мусульманских ученых при конструировании инструментов был правильный учет времени, особенно для расчета моментов молитв, а также всевозможные вычисления. Два тома его обширного труда, каждый из которых содержит более 1000 страниц, так и называются: «Призыв муэдзина» [King D., 2004] и «Инструменты массовых вычислений» [King D., 2005].

Отдельно стоит отметить каталог средневековых астрономических инструментов, который Д. Кинг составлял с начала 1990-х годов вместе с Куртом Майером (Kurt Maier). Полный перечень инструментов представлен в интернете на сайте Д. Кинга⁸, а его фрагмент – список восточных астрольбий – включен во второй том [King D., 2005, p. 1005–1020]. Каталог разбит на несколько категорий: ранние восточные астрольбии (до 1500 г.), поздние восточные астрольбии (XVI–XIX вв.), ранние европейские астрольбии (до 1500 г.), поздние европейские астрольбии (до 1600 г.). Всего каталогизировано около 1500 инструментов, среди которых имеется только три астрольбии из России (все три относятся к категории поздних восточных астрольбий). Избранные статьи Д. Кинга изданы в виде сборника [King D., 2011a].

В настоящее время и П. Кунич и Д. Кинг отошли от дел и практически не публикуются. Одним из наиболее плодовитых авторов начала XXI в. является индус **Раджа Сарма** (Sreemula Rajeswara Sarma) (р. 1937), живущий ныне в Германии. Основной объект его исследований – школа мастеров из индийского города Лахор, где несколько поколений мастеров в течение 120 лет изготовили более 100 астрольбий, сохранившихся до нашего времени, не считая других научных инструментов. Совместно с проф. Сармой была подготовлена статья с описанием московской астрольбии (А.9) [Maslikov, Sarma, 2016].

⁸ Сайт Дэвида Кинга – URL: www.davidaking.org (дата обращения 12.04.2016)

Кратко коснемся деятельности общественных организаций в области истории астрономии и выпуска периодических изданий. К середине XX в. количество исследователей, занимающихся научными инструментами и астролябиями в частности (включая все перечисленные выше имена), превысило критический уровень и привело к созданию в 1965 г. в Лондоне «Общества изучения астролябий» (The Astrolabe Society). Позже, в 1976 г. оно переместилось в Париж под названием «Международное общество изучения астролябий» (Société Internationale de l’Astrolabe) в составе 65 членов из Европы и США (в т.ч. два члена из СССР, Эрмитаж). Каждые два года как минимум до 1994 г. проводились встречи и публиковался сборник работ под названием «Astrolabica». В настоящее время в Лондоне существует «Общество научных инструментов» (Scientific Instrument Society, SIS), которое издает ежеквартальный Бюллетень общества (Bulletin of the Scientific Instrument Society) и выделяет небольшие исследовательские гранты.

При Международном союзе по истории и философии науки (International Union of the History and Philosophy of Science, IUHPS) работает «Комиссия по научным инструментам» (Scientific Instrument Commission, SIC), которая базируется в Лондоне и проводит ежегодные симпозиумы в разных странах (в 2015 г. – в Турине, Италия, в 2016 г. – в Стамбуле, Турция).

Наиболее авторитетным в мировом сообществе изданием, в котором время от времени появляются и материалы по истории астролябий, остается «Журнал по истории астрономии» (Journal for the History of Astronomy, JHA), который выходит ежеквартально с 1970 г. Из других периодических изданий можно отметить Международный журнал истории точных и естественных наук в исламской цивилизации «Сухайль» (International Journal for the History of the Exact and Natural Science in Islamic Civilisation “Suhayl”), который издается ежегодно университетом Барселоны (Испания) совместно с «Комиссией по истории науки и техники в исламском мире». В 2015 г. вышел 14-й том этого журнала. Что касается региональных научных журналов, тема астролябий часто затрагивается в «Индийском журнале по истории науки» (Indian Journal of History of Science).

1.3 Литература на русском языке

Обзор публикаций отечественных авторов следует начать с работ, написанных на немецком языке востоковедом академиком Б. А. Дорном (1805–1881) [Dorn, 1838; 1842; 1844; 1865]. На протяжении всей своей жизни он регулярно возвращался к исследованию научных инструментов и, в частности, астролябий, особенно, когда к нему в руки попадал очередной экземпляр. В итоге он составил подробные описания пяти астролябий и написал обширную обобщающую работу с первым в мире перечнем астролябий, в который вошли не только российские, но и европейские инструменты из музейных собраний и частных коллекций

Варшавы, Нюрнберга, Лейпцига, Берлина, Парижа, Лондона, общим количеством – 24. Уже в наше время, в 1990 г., Фуат Сезгин переиздал некоторые из этих работ в Германии [Sezgin, 1990]. В России на протяжении полутора столетий работы Б. А. Дорна об астролябиях были практически неизвестны [Масликов, 2015a].

В XX в. первым примером детального описания астролябии стала 19-страничная хорошо иллюстрированная работа военного геодезиста полковника М. П. Осипова, который в 1904–1908 гг. был директором Ташкентской обсерватории [Осипов, 1910]. Описываемая им астролябия была приобретена в Ташкенте в 1909 г. и позже попала в Государственный исторический музей города Ташкента [Ченакал, 1968, с. 43]. Возможно, она находится там и сейчас, но подтвердить это не удалось.

Первой работой советского периода стала книга, изданная в 1953 г. и посвященная астрономическим и географическим работам Бируни. Большой раздел отведен описанию астролябии [Садыков, 1953, с. 130–144], включая фотографии инструмента, позаимствованные из книги на французском языке [Michel, 1976, pl. XVI], но без соответствующей ссылки на источник. Здесь же рассматривались взятые из работ Бируни примеры применения астролябии для определения высоты, ширины и глубины наземных объектов.

Позже, в 1973 г., эта же иллюстрация (также без ссылки) была воспроизведена в статье об астролябиях Бируни [Розенфельд, Таги-Заде, 1973], хотя к тому времени недостатка в иллюстративном материале не было – в 1968 г. составлен иллюстрированный каталог астролябий из музеев СССР [Ченакал, 1968], а еще через год опубликовано исследование астролябии из Музея Востока [Смирнов, 1969].

Вообще 1973 г. был богат на исследования работ великого среднеазиатского ученого Бируни (иногда – Беруни) в связи с 1000-летием со дня его рождения. Например, в книге трех авторов [Розенфельд, Рожанская, Соколовская, 1973] астролябиям посвящен раздел «Диоптрийно-моделирующие инструменты» [там же, с. 148–166]. (Необходимо отметить, что применяемая в данной работе классификация научных инструментов встречается только в отечественных работах). В том же 1973 г. был издан очередной том избранных сочинений Бируни, включающий I–V книги «Канона Мас'уда». (Начало издания сочинений было положено в 1957 г., закончено седьмым, заключительным томом в 1987 г.). Описанию и применению астролябии посвящена глава 7 в «Книге вразумления начаткам науки о звездах» [Беруни, 1975, с. 150–161, комм. с. 304–308], составленная в виде 23 вопросов и ответов. Четыре трактата Бируни об астролябиях, не вошедшие в избранные сочинения, рассматриваются в ряде работ [Абдурахманов, 1970; Розенфельд, Абдурахманов, 1973; Вахабов, 1977; Вахабов, 1978; Вахабов, 1989, с. 14–36].

Перевод на русский язык другого важного первоисточника – зиджа «Новые Гурагановы астрономические таблицы» был выполнен в 1994 г. [Улугбек, 1994]. Далее мы будем ссылаться на отдельные главы этой книги.

Необходимо отметить, что работы об астролыбиях в течение всего советского периода и периода новой России носили исключительно восточную направленность. Единственным исследованным западным инструментом была астролыбия Гуалтеруса Арсениуса [Ченакал, 1961].

В издательстве «Наука» в серии «Научно-биографической литературы» были изданы биографии арабских ученых, занимавшихся вопросами астрономии и математики: Бируни [Розенфельд, Рожанская, Соколовская, 1973], ибн Ирака [Тллашев, Рамазанова, 1977], ал-Хорезми [Хайруллаев, Бахадиров, 1988], ал-Хазини [Рожанская, 1991], ибн-Корры [Розенфельд, Хайретдинова, 1994], Улугбека [Матвиевская, Соколовская, 1997], ал-Фергани [Розенфельд, Сергеева, 1998], ас-Суфи [Матвиевская, 1999].

В 1999 г. книгой о трудах ученого XIII в. Насир ад-Дина ат-Туси начата серия «Средневековые арабские и персидские рукописи физико-математического содержания в библиотеках бывшего Советского Союза». В этой книге нам особенно интересно описание «Трактата в двадцати главах о познании астролыбии» [Рожанская, Матвиевская, Лютер, 1999, с. 117–131]. К этой же серии можно условно отнести и ранее изданные астрономические и математические трактаты ал-Хорезми [Ал-Хорезми, 1983а; 1983b].

В каждой из перечисленных выше книг рассматривались труды соответствующего ученого Средневекового Востока, в числе прочих и те работы, которые имеют отношение к теории стереографического проецирования, практическому расчету элементов астролыбии или приемам работы с ней. Остановимся на тех книгах, где рассматриваются не просто общие вопросы, а дается углубленная информация о каких-либо элементах астролыбии.

Так, **вопросы географии** и анализ таблиц с координатами населенных пунктов рассматриваются в «Книге картины Земли» Сабита ибн Корры (с таблицами 302 пунктов) [Розенфельд, Хайретдинова, 1994, с. 139–148], в книге «Элементы астрономии» ал-Фергани (описание семи климатов) [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 74–79], во второй книге зиджа Улугбека (240 городов) [Улугбек, с. 140–142], в книге V «Канона Мас'уда» [Бируни, 1973, с. 444–473]. Подробнее о списках городов см. раздел 4.2. Важнейшим вопросом для ученых Востока было определение киблы – азимута направления на Мекку, где находится священная Кааба. Этот вопрос на русском языке подробно рассматривался в книге об ал-Хазини [Рожанская, 1991, с. 39–47], в главе 19 второй книги зиджа Улугбека [Улугбек, 1994, с. 56–57], у Бируни [Бируни, 1975, с. 150–162; Атагарриев, 1985].

Неподвижные звезды – один из важнейших и наиболее информативный элемент астролыбии. Полные каталоги, содержащие по примеру Птолемея [Птолемей, с. 224–263] более

тысячи звезд, опубликованы в зидже Улугбека [Улугбек, 1994, с. 231–254] и у ал-Бируни. В последней работе вместе с каталогом самого Бируни [Звездный каталог ал-Бируни..., 1962, с. 92–150, комм. с. 177–186] приведены более короткие списки звезд – сто звезд поэта и астронома Омара Хайяма [там же, с. 159–173, комм. с. 186–190] и 60 звезд ат-Туси [там же, с. 174–176, комм. с. 190–192]. Эти списки более адаптированы для практической работы, но все равно велики для мастеров, которым необходимо было 20–30 звезд для нанесения на паук астролябии. Такие «рабочие» списки содержатся в книгах о Кушйаре Джили [Абдуллазаде, 1990, с. 190] и ал-Фергани [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 66–67], а также в работах зарубежных авторов, больше всего у П. Кунича.

В книге об ал-Фергани, помимо перечня звезд, приводятся приемы построения тимпана и паука астролябии [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 54–67]. Здесь же приведены выдержки из работ ал-Фергани о стереографической проекции [там же, с. 30–36] и описания семи климатов [там же, с. 74–79].

«Книга действий с астролябией», написанная Абд ар-Рахманом ас-Суфи в X в., рассматривается в работе Г. П. Матвиевской [Матвиевская, 1999, с. 61–62]. Исследователям доступна стамбульская рукопись из 386 глав, переизданная Ф. Сезгином [Al-Sufi, 1986] и являющаяся сокращением, не превышающим четверти основного весьма обширного текста. Исследование списка звезд из этого трактата провел Кунич, показавший значительное влияние ал-Фергани на ас-Суфи [Kunitzsch, 1990]. Книга Г. П. Матвиевской сопровождается обширной библиографией из 320 наименований, в т.ч. 83 на русском языке.

Практическому применению астролябии посвящена книга Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми (ок. 783 – ок. 850), русский перевод которой приведен в сборнике математических трактатов ученого [Ал-Хорезми, 1983b, с. 255–266]. Еще один трактат этого автора – о построении астролябии – считается утерянным. Уже упомянутый выше арабский ученый, живший в Багдаде двумя веками позже – Кушьяр ибн Лаббан ал-Джили, оставил после себя подробную «Книгу об астролябии и способах ее построения...». Имеется описание глав этой книги на русском языке [Абдуллазаде, 1990, с. 199–212]. Особенно интересен третий раздел, в котором речь идет о контроле инструмента – проверке центра тяжести, правильности нанесения градусных делений, разбивки знаков зодиака и т. п. Наиболее фундаментальное исследование трактатов Бируни, посвященных, в том числе и конструированию астролябии, выполнил С. Вахабов в кандидатской диссертации [Вахабов, 1989].

Вопросы развития сферической тригонометрии, имеющей непосредственное отношение к построению элементов паука и тимпанов астролябии, детально рассматриваются в книге Г. П. Матвиевской [Матвиевская, 2012]. Правило четырех величин, теорема тангенсов, правило шести величин (теорема Менелая), применение полярного треугольника – это далеко

не полный перечень вопросов, приведенных в главе, посвященной Средневековому Востоку. Перечень использованной литературы состоит из 439 позиций, в т.ч. 125 на русском языке.

Следует отметить и обширное исследование А. П. Юшкевича по истории математики в Средние века, в котором отдельная глава посвящена математике в странах ислама, включая вопросы сферической тригонометрии [Юшкевич, 1961, с. 289–294].

Что касается описаний конкретных инструментов из российских и советских музеев, их совсем немного. Пять инструментов были описаны еще в XIX в. [Dorn, 1838; 1842; 1844; 1865], один – в начале XX в. [Осипов, 1910], два – в советское время [Ченакал, 1961; Смирнов, 1969]. Из двух последних астролябий, одна хранится в Кунсткамере (см. А.13), вторая – в Музее Востока в Москве (см. А.9), это единственная известная астролябия в столице. Уже в наше время (в 2006 г.) сотрудниками Кунсткамеры было выполнено на английском языке иллюстрированное описание двух астролябий из этого музея. Одна из них – ранее не описанная (см. А.11), вторая – описанная Дорном в 1865 г. (см. А.10) [Kisliakov et al, 2006, p. 46–49].

Недавним неожиданным открытием стала итальянская астролябия, которая ныне хранится в Центральном военно-морском музее в С.-Петербурге. Онаполнила перечень российских астролябий. Ее описание было опубликовано в журнале «Мир музея» в 2003 г. [Рогачев, 2003]. Это открытие показало, что у исследователей и в XXI в. остается шанс обнаружения других, неизвестных пока инструментов.

В Приложении к данной диссертационной работе приводится краткое описание всех 14-ти планиферных астролябий, которые хранятся ныне в российских музеях. Кроме того, в ходе работы над диссертацией были опубликованы подробные описания двух астролябий [Maslikov, 2015a], [Maslikov, Sarma, 2016].

В заключение обзора литературы о планиферных астролябиях отметим фундаментальную трехтомную работу [Матвиевская, Розенфельд, 1983], в которой помимо обширного перечня ученых, содержится описание отдельных частей астролябии с их арабскими названиями [там же, т. I, с. 83–87], а также перечень около 200 средневековых трактатов об астролябиях со ссылками на их авторов и существующую литературу [там же, т. III, с. 147–149].

Литература о других видах астролябий (сферических, линейных, морских, геодезических) не так обширна, как о планиферных астролябиях. Сферическая астролябия Ар-Рудани описана в статье трех авторов [Большакова, Невская, Розенфельд, 1983], о линейной астролябии рассказывается в рамках обзорной статьи [Таги-Заде, Вахабов, 1975, с. 198–202].

Что касается более поздних потомков планиферной астролябии – морской и геодезической астролябий, их главным и единственным назначением было измерение вертикальных и горизонтальных углов соответственно. Если о морской астролябии не известно ни одной

публикации на русском языке (как не известны и инструменты в российских музеях), то геодезическая астролябия была широко распространена в России. Эти узкоспециализированные угломерные инструменты впервые появились во Франции и Голландии в XVI и XVII вв., и стали очень востребованы в России в середине XVIII в., когда начались массовые работы по картографированию и межеванию территорий. Название «астролябия» сохранилось по традиции. Количество «астролябий» в этот период измерялось сотнями [Тетерин, 2008, с. 208].

Имеются единичные описания геодезических астролябий – астролябия И. Э. Эслинга 1716 г. [Плахов, 1996], теодолит-астролябия А. Шперлинга 1866 г. [Назаров, 2005]. Интерес представляют геодезические астролябии в музеях Тулы, Красноярска (Шперлинга, 1849 г.), Томска (Шперлинга, 1859 г.), Екатеринбурга (фабрики Ф. Швабе), Нижнего Новгорода (астролябия К. Роде), Москвы (А. Шперлинга, 1865; братьев Столяровых) и др.

Отрывочные сведения о таких астролябиях появлялись в книгах серии «Научно-биографическая литература», например, в книге о Ломоносове, где имеется рисунок астролябии Ф. Н. Тирютина, изготовленной в середине XVIII в. [Павлова, Федоров, 1986, с. 274]. Или в «Очерках истории астрономии в России» [Воронцов-Вельяминов, 1956, с. 100], в статье о Рейссиге [Новокшанова, 1957, с. 162–163]. Использование астролябий в практике межевых съемок описывается в книгах по истории геодезии [Гольденберг, Постников, 1990, с. 23–25; Тетерин, 2008, с. 206–208]. Наиболее подробные сведения о геодезических астролябиях содержатся в хорошо иллюстрированной книге по истории геодезических инструментов [Кусов, 2009, с. 36–45].

В работе над диссертацией использовались также современные учебники по математической картографии [Вахрамеев и др., 1986], сферической астрономии [Жаров, 2006], астрономические справочники, словари арабского и персидского языков.

1.4 Музейные коллекции

В силу сложившихся традиций основу исторических исследований составляют письменные источники. Однако вещественные предметы, особенно такие, которые насыщены разнообразной информацией, могут выступать в качестве не менее важных источников. Для исследователей, занимающихся систематизацией сведений о научных инструментах, первым шагом в этом направлении является знакомство с музейными каталогами и описаниями астролябий из частных коллекций. Рассмотрим основные музейные коллекции, в которых хранятся планисферные астролябии и родственные им инструменты – геодезические астролябии, квадранты, небесные глобусы, а также каталоги этих коллекций.

Музей истории науки (Museum of the History of Science) в Оксфорде существует с 1924 г. Он начинался с коллекции научных инструментов, подаренной Оксфордскому уни-

верситету бизнесменом и коллекционером Льюисом Эвансом (1853–1930). Первым куратором музея был Роберт Гюнтер, создавший позднее фундаментальный каталог астролябий (см. раздел 1.1). В настоящее время это самое обширное хранилище астролябий, к тому же доступное для исследователей через интернет. Всего в электронном каталоге музея 136 астролябий⁹. Существенный недостаток каталога – абсолютное отсутствие информации о размерах инструментов. Почему это произошло, выяснить не удалось.

Планетарий Адлера и астрономический музей (Adler Planetarium & Astronomy Museum) в Чикаго, США был открыт в 1930 г. Учреждение носит имя своего основателя, бизнесмена и филантропа Макса Адлера (1866–1952). Музей базировался на приобретенной ранее М. Адлером коллекция из 550 предметов, включающей 24 астролябии. В настоящее время здесь хранится 84 астролябии [Webster, 1998; Pingree, 2009].

Национальный морской музей (The National Maritime Museum) в Гринвиче открылся в 1934 г., когда были приобретены первые 15 астролябий. Это был вклад благотворителя Джеймса Кэрда (James Caird), который до самой смерти в 1954 г. оставался покровителем музея. Коллекция постоянно пополнялась, ныне здесь 53 астролябии [Astrolabes at Greenwich..., 2005].

Национальный музей американской истории (National Museum of American History) в Вашингтоне, США, сформировал экспозицию астролябий на основе коллекции Сэмюэля Хоффмана (1866–1942). Эта коллекция была передана в музей наследниками Хоффмана в 1959 г. и позднее пополнялась. Всего здесь 51 астролябия [Gibbs, Saliba, 1984].

Из других музеев, обладающих значительными количествами астролябий, отметим **Британский музей** (British Museum) в Лондоне, Великобритания (33 астролябии), **Институт и музей истории науки** (Istituto e Museo di Storia della Scienza) во Флоренции, Италия (21 астролябия), **Музей науки** (Science museum) в Лондоне (15 астролябий). Из вышеприведенных цифр понятно, что в четырех музеях Великобритании собрано не менее 237 астролябий – это самые большие в мире фонды этих инструментов.

С недавних пор в числе ведущих мировых музеев числится новый современный **Музей исламского искусства** в Дохе, Катар. Он открыт в 2008 г. Музей приобрел коллекцию американца Леонарда Литтона (18 астролябий) и, возможно, отдельные инструменты на торгах Кристис и Сотбис, так что всего в музее хранится не менее 40 астролябий¹⁰.

Что касается нашей страны, планисферные астролябии (общим количеством 14) хранятся в четырех музеях. При этом девять из четырнадцати инструментов – в Государствен-

⁹ Сайт Музея истории науки в Оксфорде – URL: <http://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/> (дата обращения 12.04.2016)

¹⁰ Сайт Музея исламского искусства в Дохе, Катар – URL: <http://www.mia.org.qa> (дата обращения 12.04.2016)

ном Эрмитаже, три – в Кунсткамере и по одной астролябии – в Музее народов Востока (Москва) и в Центральном военно-морском музее (С.-Петербург). Все эти инструменты в ходе работы над диссертацией подверглись детальному обследованию с любезного разрешения руководства перечисленных музеев. Результаты обследования приведены в Приложении А. Там же изложены детали проведенной работы.

Многие музеи прилагают усилия к каталогизации своих астролябий. На момент написания данного обзора наиболее обширные каталоги были изданы в следующих музеях:

1) Каталог Музея американской истории [Gibbs, Saliba, 1984] содержит описания 51 астролябии. Для каждого инструмента приводится внешний вид и фотографии наиболее интересных деталей. Помимо этого, авторы привели анализ общих элементов, а также объединенные списки координат населенных пунктов и звезд [ibid, p. 190–219].

2) Каталог германских музеев [Stautz, 1999] содержит подробное описание 18 астролябий, хранящихся в Нюрнберге и Мюнхене. В первой части книги приводится общая историческая канва и региональные особенности инструментов. В обширном библиографическом списке перечислены и четыре работы Б. Дорна [Dorn, 1838; 1842; 1844; 1865].

3) Каталог Национального морского музея в Гринвиче [Astrolabes at Greenwich..., 2005] содержит описания 53 астролябий, четыре из которых считаются современными репликами. В первой части каталога подобраны 9 обзорных статей авторитетных авторов, включая, например, обзор литературы до 1450 г., сделанный Ричардом Лорчем [Lorch, 2005, p. 23–30], или исследование точности изготовления решеток астролябий [Dekker, 2005, p. 47–72].

4) Каталог астролябий планетария Адлера в Чикаго состоит из двух томов, изданных с интервалом в 11 лет – «Западные астролябии» [Webster, 1998] и «Восточные астролябии» [Pingree, 2009]. В каждом из томов описано около 30 астролябий, включая некоторые интересные «новоделы». Весьма полезен сводный список звезд в первом томе.

5) Электронный каталог Оксфордского музея истории науки – это самое большое в мире хранилище информации об астролябиях. Здесь имеются фотографии и описания более 130 инструментов. Электронный каталог удобен возможностями быстрого поиска и упорядочивания любой информации. Например, можно быстро найти астролябии, на решетке которых использовалась какая-то конкретная звезда, или посмотреть все работы одного мастера, или сравнить инструменты, изготовленные в одно время в разных странах. Данный каталог – хороший пример открытости музейного пространства, он позволяет вести работу внешним исследователям. Как уже упоминалось, огромный минус каталога – отсутствие физических размеров астролябий.

6) Электронный каталог четырех музеев – Музея истории науки (Оксфорд), Института и музея истории науки (Флоренция), Британского музея (Лондон) и Музея Бургаве

(Boerhaave) (Лейден). Музеи реализуют совместный проект Ераст¹¹. На сайте представлено 520 научных инструментов, среди которых 88 астролябий. Это меньше, чем в одном Оксфорде, так что представлены явно не все инструменты этих музеев. Имеется информация о мастерах и обширная библиография.

1.5 Аукционные каталоги и интернет-ресурсы

До сих пор значительная доля сохранившихся астролябий находится у частных владельцев. Информация о них либо отсутствует совсем, либо появляется только во время их продажи через аукционные торги. Так, в каталогах аукционных домов **Сотбис (Sotheby's)** и **Кристис (Christie's)** изредка фигурируют астролябии (таблица 1.2). Как правило, перед продажей таких инструментов организаторы торгов обращаются к экспертам для оценки их научной ценности и, соответственно, стоимости. В роли экспертов одно время выступали Дэвид Кинг, А. Тёрнер, а также другие исследователи.

Таблица 1.2 – Астролябии, выставленные на аукционные торги за последние годы

Дата торгов	Инструмент	Цена продажи
8.10.2014	Астролябия, изготовленная для казначея Османского султана Баязида II, Турция, 911 г. Хиджры (1505/1506).	962 500 GBP
8-9.04.2013	Астролябия из Марокко, Фес, 1711/12 г., диаметр 13 см. IC 3703.	121 500 EUR
4.10.2011	Астролябия, изготовленная для правителя Марокко ок. 1700 г., диаметр 16,5 см.	300 000 GBP. Не продана
6.10.2010	Сефевидская астролябия, Персия, ок. 1660 г.	229 250 GBP (261 345 EUR)
7.10.2009	Астролябия из Магриба, Сев. Африка, ок. 1800 г., диаметр 11,3 см.	25 000 GBP (27 000 EUR)
3.12.2008	Фламандская астролябия, ок. 1620–1658 гг.	73 250 GBP (85 700 EUR)
3.12.2008	Астролябия Жана Фузория, конец XIV – начало XV в., Франция.	200 000 GBP. Не продана
24.10.2007	Индийская астролябия, конец XVIII – начало XIX в., диаметр 16,7 см.	30 500 GBP (21 330 EUR)
18.04.2007	Астролябия из Марокко, 1206/1207 г., диаметр 10 см. IC 4401.	204 000 GBP (271 000 EUR)
11.10.2006	Персидская астролябия, диаметр 9,3 см, ок. 1650 г.	38 400 GBP (25 770 EUR)
11.10.2006	Астролябия конца IX – начала X в., диаметр 19,2 см, изготовлена в Багдаде между 890–930 гг.	299 200 GBP (443 412 EUR)
14.10.1995	Астролябия Хабермеля XVI в.	540 500 GBP (ок. 865 000 USD)

¹¹ Проект Ераст – URL: <https://www.mhs.ox.ac.uk/eract/introduction.php> (дата обращения 12.04.2016)

Последняя из проданных (в 2014 г.) астролябий имеет большую историческую ценность, она была неоднократно описана, например [King D., 2005, p. 783–796]. По этой причине ее стоимость в ходе торгов достигла почти миллиона фунтов стерлингов.

Интернет-ресурсы. Электронные информационные базы данных развиваются в последние годы очень активно. Отметим здесь те, которые оказались весьма полезны при написании диссертации.

1) Проект оцифровки старых книг ведет компания Google совместно с крупнейшими библиотеками мира ¹². Не все оцифрованные книги находятся в полном доступе, чаще предлагается посмотреть только отдельные страницы.

2) Благодаря проекту **ЕCHO** (European Cultural Heritage Online), который развивает Институт истории науки им. Макса Планка (Max Planck Institute for the History of Science) оказалась доступна рукопись Хабаша ал-Хасиба, хранящаяся в берлинской библиотеке (№ 5750 по каталогу Альвардта, Ahlwardt) ¹³.

3) Еще один проект – **каталог al-Kindi** ¹⁴ – создан в Каире Доминиканским институтом востоковедения (l’Institut dominicain d’Etudes orientales, IDÉO). Библиотека института содержит 125000 монографий, включая 20000 арабских источников. В on-line доступе находится каталог библиотеки. По запросу “astrolabe” выдаются ссылки на 137 текстов (на июнь 2015). Особенно полезным здесь был перечень работ, вошедший в сборники Фуата Сезгина [Sezgin, 1990; Sezgin, 1991].

В заключение данной главы хотелось бы сказать о доступности источников для исследователя из российской «глубинки». В ходе работы над диссертацией львиная доля информации была получена через интернет и личные контакты с другими исследователями, в том числе от научного руководителя. Библиотека ИИЕиТ в период написания работы была закрыта из-за переезда. Несколько полезных книг, в числе которых каталоги из Гринвича и Чикаго, были приобретены через зарубежные книжные онлайн-магазины. Весьма результативной была двухдневная работа в главной французской библиотеке им. Франсуа Миттерана в Париже (март 2013 г.). Гораздо скромнее в этом отношении оказались Российская государственная библиотека (РГБ) и библиотека Сибирского отделения РАН в г. Новосибирске (ГПНТБ СО РАН). В настоящее время ни та, ни другая российские библиотеки не выписывают журналы по истории науки, не говоря уже об истории астрономии.

¹² Проект Google-Books – URL: <https://books.google.ru> (дата обращения 12.04.2016)

¹³ Проект ЕCHO – URL: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/ECHOdocuView?url=/permanent/library/6631A2R6/pageimg&wh=0.5102&ww=0.5102&start=1&viewMode=index&mode=imagepath> (дата обращения 12.04.2016)

¹⁴ Проект Al-Kindi – URL: <http://alkindi.ideo-cairo.org/controller.php?action=SearchNotice¬iceId=88701> (дата обращения 12.04.2016)

Изучение источников, проведенное в первой главе диссертации, показало значительное отставание российских исследований от уровня, достигнутого западными учеными. В первую очередь, это относится к практическому изучению сохранившихся инструментов. В то же время, даже в западной литературе отсутствуют хорошие исторические и теоретические обзоры планисферных астролябий, на чем мы и сосредоточимся в следующих двух главах.

ГЛАВА 2

ИСТОРИЯ АСТРОЛЯБИИ

История астролябии – от зарождения идеи до изготовления последнего действующего экземпляра – охватывает около двух тысяч лет – с III в. до н. э. по XIX в. Материальными носителями информации об истории астролябии являются письменные источники и сами инструменты, сохранившиеся до настоящего времени. Большая часть письменных источников написана на арабском и латинском языках, в меньшей мере – на греческом, персидском и ряде европейских языков. Как было показано в первой главе, исследования этих работ начались в первой половине XIX в. и продолжают в настоящее время. Несмотря на все усилия, в истории астролябии остается еще много «белых пятен». В данной главе рассмотрим этапы двухтысячелетней истории инструмента.

2.1 Основные исторические периоды

При построении исторического обзора воспользуемся хронологическим делением, которое предложил современный американский исследователь Джеймс Моррисон (James E. Morrison). Он выделил в истории астролябии пять основных периодов [Morrison, 2007, p. 31]:

1. Ранняя история инструмента (III в. до н. э. – IV в. н. э.). В этот период открыты свойства планиферной проекции, позже названной стереографической. Самой астролябии, видимо, не существовало, но были устройства, основанные на свойствах проекции.

2. Разработка конструктивных элементов инструмента (IV – IX вв.). В этот период окончательно оформились конструкция и шкалы инструмента, описано его устройство, теория и практическое использование. Астролябия получила тот облик, под которым мы знаем ее сейчас и называем классической планиферной астролябией.

3. Распространение астролябии в странах средневекового Востока и в Европе (IX – конец XIII в.) носило взрывной характер и шло параллельно с продвижением ислама. Из центральных областей Багдадского халифата инструмент попал в Индию, а через мусульманскую часть Испании – в Европу. Астролябия стала основным и самым распространенным астрономическим инструментом.

4. Совершенствование конструкции инструмента (XI – XVII вв.). В это время происходили различные улучшения в шкалах, появлялись новые типы астролябий для особых целей, в том числе для повышения ее универсальности. Теоретическое обоснование всех элементов астролябии достигло совершенства, все действия с инструментом были в этот период хорошо описаны. Если судить по количеству трактатов, посвященных астролябиям, ув-

лечение этими инструментами достигло максимума к концу первой четверти XVI в. и пошло на спад в середине XVII в. Этот период можно назвать «золотым веком» астролябии в Европе [Turner A., 2005, p. 31–40].

5. Завершающий этап истории астролябии (XVIII – XIX вв.). Использование астролябии пошло на спад, когда появились более точные и специализированные астрономические инструменты, включая телескоп, а также хронометр, а интерес к астрологии уменьшился. Астролябия еще использовалась в арабском мире, но и там для определения времени стали применяться более дешевые и более точные квадранты. В Европе производство астролябий резко прекратилось в конце XVII в., а в исламском мире ее изготавливали почти весь XIX в.

В каждом из перечисленных периодов нам интересны все доступные слои информации: письменные источники и их авторы, мастера и организация их работы, технические, технологические и художественные особенности инструментов, значение астролябии для общественной жизни того времени, уровень исследованности данного периода.

Понятно, что меньше всего информации сохранилось о раннем периоде. При этом обилие работ зарубежных исследователей не облегчает изучение этого периода, так как по некоторым вопросам имеются противоречивые мнения.

2.2 Ранняя история инструмента (III в. до н. э. – IV в. н. э.)

В XX в. изучением ранней истории астролябии занимались такие авторитетные исследователи как Роберт Гюнтер [Günter, 1932], Эрнст Циннер [Zinner, 1947], Отто Нейгебауэр [Neugebauer, 1949], Дэвид Кинг [King D., 1981], Пауль Кунитш [Kunitzsch, 1981] и другие. В процессе изучения раннего периода необходимо ответить на следующие вопросы: 1) кто и когда заложил теоретические основы астролябии, то есть изобрел стереографическую (планисферную) проекцию? 2) кто и когда мог изготовить первый инструмент, который в нашем понимании является астролябией? 3) какие тексты этого раннего периода сохранились?

Что касается теоретических основ астролябии, отправной точкой может служить работа «Конические сечения» **Аполлония Пергского** (262–190 гг. до н. э.). Работа была написана в Александрии около 225 г. до н. э. Первые 4 книги сохранились в греческом оригинале, а книги 5–7 – в арабском переводе **Сабита ибн Корры** (836–901). Заключительная, восьмая книга, не сохранилась [Розенфельд, 2004, с. 18].

Работа Аполлония появилась не на пустом месте. Во введении к первой книге сам автор упоминает не сохранившееся сочинение **Евдокса Книдского** (ок. 408 – ок. 355 г. до н. э.) «Начала конических сечений» в 4-х книгах. А в IV книге Аполлоний ссылается на работу по коническим сечениям **Конона Самосского**, жившего в одно время с **Архимедом** (ок. 280 – ок. 220 гг. до н. э.). Этот период развития точных наук в Древней Греции подробно исследо-

вал Б. А. Розенфельд, он пишет и о других предшественниках Аполлония [Розенфельд, 2004, с. 32–38], а также о планисферной проекции и истории ее применения в астрономических инструментах [Розенфельд, 1976, с. 116–125].

Самое важное для нас место в работе Аполлония – это пятое предложение в первой книге, где говорится о том, что окружности, не проходящие через центр проекции, изображаются на плоскости окружностями. Это главное свойство планисферной проекции, которое в дальнейшем использовалось при создании астролябии (подробнее см. раздел 3.1).

Имеется как минимум одно надежное обоснование того, что на основе планисферной проекции реальные инструменты были созданы до начала нашей эры. В трудах римского архитектора и ученого-энциклопедиста Витрувия (I в. до н. э.) говорится о так называемых «анафорических» часах. Перечисляя изобретателей часов, он говорит, что «астроном Евдокс, а иные говорят – Аполлоний», могли изобрести «арахну», то есть «паука» (решетку со звездами) [Витрувий, 1938, с. 326]. Другими словами «арахна» – это изображение звезд на плоскости с помощью планисферной проекции. Арахна с изображением звезд и эклиптики могла вращаться с помощью водяного привода, а положение Солнца на эклиптике в текущую дату непосредственно указывало время суток.

Второй реперной точкой в ранней истории астролябии является «Планисферий» **Клавдия Птолемея** (ок. 100 – ок. 170 н. э.), который сохранился только в арабском переводе с утерянного греческого текста. Английский перевод [Sidoli, Berggren, 2007] имеется в сети интернет ¹⁵.

Вероятно, наиболее полный обзор математической составляющей этой работы Птолемея был сделан Отто Нейгебауэром [Neugebauer, 1975, p. 857–868], который также изучил ее влияние на создание реальных астролябий [Neugebauer, 1949, p. 247–248].

Как и все работы Птолемея, «Планисферий» написан по тщательно разработанному плану. Можно выделить четыре основные части. В первой (главы 1–3) описаны основные принципы планисферной проекции, во второй (главы 4–13) – зодиак и моменты восхода, в третьей части (главы 14–19) – эклиптические координаты различных точек, включая неподвижные звезды. И, наконец, в четвертой (глава 20), хуже всего сохранившейся части, речь идет о практическом исполнении планисферы [Neugebauer, 1949, p. 285].

Если «Конические сечения» Аполлония можно назвать работой, дающей теоретическое обоснование планисферному проецированию, то работа Птолемея является наиболее ранним из сохранившихся практических пособий по использованию данной проекции. За

¹⁵ URL: http://individual.utoronto.ca/acephalous/Sidoli_Berggren_2007.pdf (дата обращения 12.04.2016)

текстом Птолемея, несомненно, просматривается вклад его предшественников, как минимум Гиппарха [Neugebauer, 1975, p. 868–869].

В «Планисферии» автор решает две задачи: 1) построить отображения основных кругов небесной сферы на плоскости методом стереографического проецирования; 2) определить моменты восхода точек эклиптики в прямой и наклонной сферах, то есть для широты $\varphi = 0$ и $\varphi \neq 0$ соответственно, геометрическим методом [Куртик, Матвиевская, 1998а, с. 441–442].

И хотя Птолемей вычисляет положения центров и радиусы всех основных окружностей, которые используются в астролябии, в тексте нет явного указания на изготовление именно такого инструмента. Лишь в одном месте «Планисферия», в главе 14 упоминается «паук» гороскопического инструмента [Neugebauer, 1949, p. 242]. Это название вместо термина «астролябия» исключает возможность более позднего искажения. Мы можем только догадываться, знал ли на самом деле Птолемей инструмент, который позднее стали называть «астролябией». Нельзя об этом сказать с абсолютной уверенностью, несмотря на то, что Синезий и Филопон в V и VI вв. подтверждали это знание. На самом деле, речь могла идти только о построении плоской карты звездного неба, а не астролябии.

И самое главное, несмотря на такой высокий уровень понимания метода стереографического проецирования, достигнутый Птолемеем, до нашего времени не дошел ни один инструмент этого периода, который можно было бы без колебаний назвать греческим словом *ἀστρολάβον* («астролабон»). Сам Птолемей для измерения звездных координат пользовался неким стационарным инструментом, который мы называем армиллярной сферой.

Загадкой на протяжении всего XX в. с момента находки в 1901 г. остается антикитерский механизм, датируемый примерно II в. до н. э. и являющийся существенно более сложным, чем классическая планисферная астролябия. Он содержит 36 бронзовых шестерён в деревянном корпусе и, по всей видимости, служил для демонстрации движения Солнца, Луны и планет [De Solla Price, 1959]. Могло ли так быть, что во время существования таких сложных механизмов не была известна астролябия?

Предположения о вкладе греческих ученых доптолемеевского периода в развитие астролябии описаны в источниках, которые отстоят от эпохи Птолемея на несколько столетий. Это заставляет относиться к ним достаточно критически. Тем не менее, различные методы анализа, в том числе лингвистического, позволяют вычлени из этих работ достоверные факты. Хорошим примером такого анализа служит работа О. Нейгебауэра [Neugebauer, 1949], в которой он сравнивает тексты VI, VII и IX вв. (соответственно Филопона, Себохта, Якуба ал-Кинди) и показывает, что первоисточником для них послужила работа Теона Александрийского IV в.

2.3 Разработка конструктивных элементов инструмента (IV – IX вв.).

Что касается наиболее близких по времени последователей Птолемея, до нас дошло имя **Теона Александрийского** (ок. 335 – ок. 405), отца Гипатии, написавшего в IV в. комментарии к работам Птолемея и собственную работу об астрольбии. С этого момента, когда появилось документированное свидетельство существования астрольбии, мы отсчитываем второй этап ее истории. Теон называл свой инструмент «малый астролабон». К сожалению, работа Теона не сохранилась, но Нейгебауэр [Neugebauer, 1949, p. 242–246] мастерски доказал, что епископ **Север Себохт** из Сирии (575–667), живший на 250 лет позже, следовал его тексту. Себохт был христианином и работал в древнем городе Халкиде (Киннашрин), в 25 км южнее современного Алеппо. В его работе, написанной на сирийском языке, присутствуют практически все элементы астрольбии, которые позже стали классическими [Günther, 1932, p. 82–103].

На интервале от Теона до Себохта, с IV по VII в., имеется еще несколько свидетельств того, что астрольбия в этот период уже была известна. Так, в письме **Синезия** из Кирены (ум. ок. 413), ученика Гипатии, говорится о серебряной астрольбии (сам он называет ее «инструментом»), которую он подарил своему другу Пеонию (Paeonius)¹⁶. Он пишет, что усовершенствовал в этом инструменте “идею, выдвинутую Гиппархом, но игнорированную известным Птолемеем и его великими преемниками”. К несчастью, ни инструмент, ни само письмо Синезия не сохранились. В арабском пересказе известно о 16 главных звездах. Имеется одно малопонятное место в тексте – Синезий говорит о вогнутой, а не плоской поверхности инструмента [Neugebauer, 1949, p. 284].

Наиболее раннее из сохранившихся описаний астрольбии принадлежит **Филопону** из Александрии (Иоанн Грамматик) (ок. 490–570). Он называет инструмент просто «астрольбия», как это и будет в дальнейшем. У него на пауке 17 звезд [Philoponus, 1932].

Таким образом, несмотря на то, что реальные инструменты этого периода не сохранились, мы можем достаточно уверенно говорить о том, что астрольбия в IV – IX вв. уже существовала. Исследование возможных путей передачи знаний от ученых Древней Греции арабам выполнил в П. Кунич [Kunitzsch, 1981], сравнивая терминологию в греческих, сирийских и ранних арабских работах. Важнейшим событием в изучении астрольбии может стать обнаружение какого-либо письменного источника первого тысячелетия или даже инструмента, изготовленного в «пустую эпоху» – с IV по IX в. Автор диссертации верит, что это возможно.

¹⁶ Английский перевод письма – URL: <http://www.livius.org/sources/content/synesius/synesius-on-an-astrolabe/> (дата обращения 12.04.2016)

2.4 Распространение астролябии в странах средневекового Востока и в Европе (IX – конец XIII в.)

Большую часть третьего периода можно назвать арабским, поскольку именно быстрое распространение ислама, ведущей религии арабских завоевателей, привело и к распространению науки и астролябии в частности.

Первым мусульманским астрономом, которому приписывают умение конструировать астролябию, был **Ибрахим ал-Фазари** (ум. ок. 777). Он работал при дворе халифа ал-Мансура в Багдаде (754–775). Этому астроному также называют автором сочинений об астролябиях разных типов [Матвиевская, Розенфельд, 1983, кн. 2, с. 29]. Известна еще одна книга VIII в. об астролябии – **Джабира ибн Хайяна** [там же, с. 31].

Поистине легендарный ученый **Машаллах ибн Асари** (740–815) из Басры [там же, с. 34] составил классический трактат об астролябии, который долго служил образцом для подражания. Именем Машаллаха часто подписывались и более поздние работы для придания им авторитета.

Наиболее ранняя из дошедших до нас – работа арабского автора **Якуба ал-Кинди** (ок. 801–873). В основном он опирается на Севера Себохта, а тот (как мы помним) в свою очередь на Теона Александрийского [Neugebauer, 1949, p. 243–244]. Одновременно с ал-Кинди в Багдаде работали **ал-Фергани** (ок. 798–861) и **Хабаш ал-Хасиб** (ок. 770 – ок. 870), которые также написали трактаты об астролябии. Ал-Фергани кроме подробного описания процедур, используемых при построении элементов астролябии, первым в арабскую эпоху привел доказательство основных принципов построения инструмента [Розенфельд, 1998, с. 54–67; Сергеева, 1972; Сергеева, 1973]. В числе первых авторов, писавших об астролябиях, был и **ал-Хорезми** (ок. 783 – ок. 850) [Ал-Хорезми, 1983b, с. 253–266; Сергеева, 1973, с. 8–9]. Еще ряд работ арабских авторов упомянут в обзоре литературы (см. раздел 1.3).

Очень важно, что сохранились реальные инструменты того времени. Как уже было сказано, первым мастером был **Ибрагим ал-Фазари**. Самая ранняя известная астролябия хранилась в Археологическом музее Багдада и датировалась концом VIII в. [King D., 2005, p. 411]. Ныне ее местонахождение неизвестно. Среди сохранившихся астролябий с установленной датой изготовления – инструмент 927–928 г. (315 г. Хиджры) египетского мастера **Настулуса** (Nastulus), восстановлением имени которого занимался ряд ученых, в т.ч. Дэвид Кинг [King D., 1978]. Некоторые недатированные астролябии могут быть немного старше.

Астролябий, датируемых ранее 1000 г., сохранилось всего 11 экземпляров (лишь три из них имеют точную дату). Большим стимулом к совершенствованию мастерства была потребность в определении точного времени начала мусульманских молитв и направления на священную Мекку. Ранние арабские астролябии следовали Филопону и имели набор пластин

для семи климатов. На тимпане отсутствовали круги равных азимутов, прямой горизонт, а экватор и тропик Рака были показаны только ниже горизонта. Лимб имел градусные деления, без отметок времени. Однако, даже у самых старых астролябий на тимпанах уже имелись линии неравных часов – это была общепринятая система измерения времени. Вероятно, этот элемент происходил от древнеримских анафорических часов.

Арабские ученые активно насыщали астролябию новыми функциями, в числе которых: линии равных азимутов (начало IX в.), пластины горизонтов (середина IX в.), квадрат теней, шкала синусов (IX в.), сумеречные дуги (X в.), линии молитв, азимут киблы, календарные шкалы [Morrison, 2007, p. 37].

В XI в. на линии соприкосновения двух цивилизаций в Андалузии (современная Испания) повторился процесс передачи знаний, похожий на греко-арабский, но теперь от арабов в Европу. Арабские трактаты массово переводились на латинский язык, который считался языком науки. Полноценные трактаты испанского происхождения появились около 1025 г., но, понятно, что астролябии были доступны и раньше. Трактат арабского ученого из Андалузии **Ахмада ал-Саффара** (ум. 1035) [Hockey et al, 2007, p. 566–567] об использовании астролябии, вышедший в 1026 г., стал очень известен в Европе в латинском варианте (часто ошибочно приписываемый легендарному Машаллаху или иногда учителю ал-Саффара – Масламе ал-Маджрити). Перевод этого трактата, сделанный **Иоанном Севильским** из Толедо (ум. ок. 1180) в середине XII в., включал как конструирование, так и использование астролябии. Он был многократно переиздан, оставаясь стандартом для всех последователей.

Брат Ахмада ал-Саффара, **Мухаммад ал-Саффар**, сделал астролябию, которая ныне является самой старой (1026 г.) из сохранившихся до нашего времени астролябий из Андалузии, она находится в Эдинбурге [Pingree, 2009, p. xiv].

В то время был еще один возможный путь передачи знаний в Европу – через Венецианскую республику, распространившую свои торговые связи на все Средиземноморье, но свидетельств этого не сохранилось.

Важный вклад в процесс передачи знаний в Европу сделал **Герберт Орилякский** (ок. 945–1003), несколько лет обучавшийся в Барселоне, а позднее (999–1003) ставший первым французским папой под именем Сильвестр II. Одновременно он считался знатоком магии и астрологии.

Большую роль в этом процессе сыграли христианские монастыри, находившиеся на границе Андалусии. Это, например, бенедиктинский монастырь Санта-Мария де-Риполь в Пиринеях, где в X и XI вв. монахи переводили арабские документы для собственного использования. Сохранилось имя немецкого монаха **Германа Калеки** из Райхенау (1013–1054), который написал трактат на основе латинского перевода, полученного из Риполи.

Путь исламских научных знаний пролегал из Каталонии в Лотарингию (сев.-вост. Франции), Льеж (ныне Бельгия), Горицию (сев.-вост. Италии), Кёльн и далее по всей Европе [Turner A., 1985, p. 16]. В конце XI в. астрольбии достигли Англии.

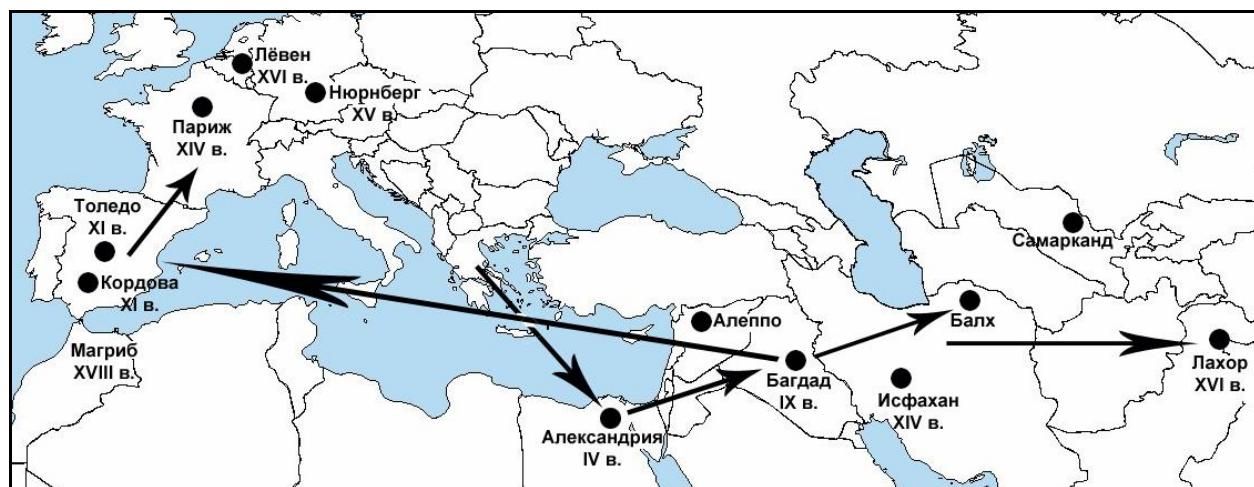


Рисунок 2.1 – Схема распространения астрольбий и основные центры их производства

Ранние переводы изобиловали многочисленными ошибками. Более высокий стандарт таких трактатов задал в XII в. английский ученый **Аделяр из Бата** (ок. 1070 – ок. 1150), посвятивший в 1147 г. свою работу английскому королю Генриху II. Многие трактаты того времени представляли собой компиляцию из нескольких источников, в том числе и из упомянутой выше работы ал-Саффара (приписываемой Машаллаху).

Приход арабской астрономии в Европу был поистине революционным. Ранние трактаты на латинском языке базировались на арабских трактатах и способствовали передаче в научный оборот арабских астрономических терминов и арабских названий звезд. Астрольбия была одним из ключевых элементов, который запустил процесс передачи знаний. Особенно актуальной для монастырской жизни была функция быстрого определения времени, так как жизнь монастырей была строго регламентирована. Астрольбия дала возможность определять время в системе неравных часов. Так, утренняя начиналась в 9 часов ночи, то есть в 3 часа после полуночи. Вседневное славословие начиналось при наступлении утренних сумерек. После чтения и медитации следовал завтрак и литургия на восходе Солнца. Астрольбия была хорошей альтернативой громоздким и неточным водяным часам.

Немаловажную роль в распространении астрольбии сыграли ее астрологические функции. Астрология на протяжении многих веков была неременным элементом культуры как арабского, так и европейского обществ. Астрольбия облегчала составление гороскопов. Именно эти возможности инструмента, а не астрономические наблюдения, интересовали большую

часть пользователей. Европейским мастерам пришлось увеличить диаметр пауков, чтобы разместить на них больше звезд вместе с их астрологическими характеристиками.

Итак, к концу XIII в. астрорябиа прочно утвердилась в Европе. Она стала здесь такой же популярной, как и в арабских странах. Конечно, период ее бурного распространения также сопровождался некоторыми изменениями в конструкции, а в XI в., когда «распространение» еще продолжалось, были предложены достаточно серьезные изменения, давшие начало следующему этапу.

2.5 Совершенствование конструкции инструмента (XI – XVII вв.)

Мелкие изменения в конструкции не затрагивали основных принципов построения классического инструмента. Даже если учесть, что со временем появлялись некоторые новые элементы, они эволюционировали и становились общепринятыми или же отвергались, но это не тот процесс, который вынесен в заголовок данного периода. Здесь имеются в виду те усовершенствования, которые ведут к принципиальным изменениям, к качественной модернизации, новым приемам использования, новым технологиям производства.

Этот четвертый период можно начать с **ал-Бируни** (973–1048), который сделал большой вклад в совершенствование классического инструмента. Помимо нескольких трудов по классической астрорябии, ранее подробно описанных [Вахабов, 1989], у него впервые встречается астрорябиа, снабженная механизмом с зубчатыми колесами (рисунок 2.2).

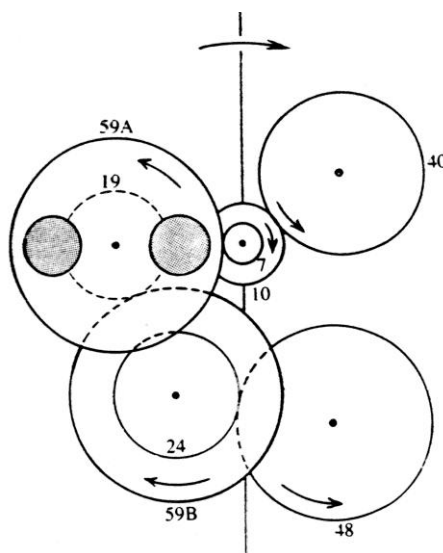


Рисунок 2.2 – Схема механизма астрорябии ал-Бируни [Wiedemann, 1913]

Такой инструмент позволял показывать лунные фазы и взаимосвязь лунного месяца и солнечного года [King H., 1978, p. 15–16]. Механизированная астрорябиа Бируни не сохранилась. До нашего времени дошла похожая астрорябиа, изготовленная Мухаммедом ал-Ибари в Исфахане в 1221–1222 г. (Музей истории науки, Оксфорд). Сохранились астрорябии

с приводом, изготовленные европейскими мастерами между 1300 и 1500 гг. Считается, что они были предшественниками ранних астрономических часов. К лунно-солнечному циклу иногда добавлялись циклы отдельных планет. Как, например, это было в экваториуме арабского ученого **Абу-с-Сальта** (1068–1134). С помощью трех металлических дисков и двух нитей моделировалось движение какой-либо определенной планеты в соответствии с теорией Птолемея. В основном этот инструмент (который уже нельзя назвать астрольбией) использовали астрологи для быстрого расчета гороскопа. В работе Э. Кеннеди подробно рассмотрен такой экваториум и перечислены еще 11 подобных устройств, сделанных другими мастерами с XI по XVI в. [Kennedy, 1970].

Позже, в конце XVII – начале XVIII в. астрольбии с приводом выделились в отдельное направление – конструирование моделей солнечной системы – механических планетариев или «оррери» [King H., 1978, p. 150–167]. Дерек Прайс проводит параллели между такими механическими астрольбиями и пока еще не до конца понятным древнегреческим механизмом из Антикитеры [De Solla Price, 1955b].

Испания, находившаяся в VIII–XV вв. на линии соприкосновения двух цивилизаций, дала астрольбии много принципиально новых элементов. Целое направление – попытка сделать инструмент универсальным – берет свое начало, пожалуй, от изобретения Хабаша ал-Хасиба, предложившего в середине IX в. пластину горизонтов (см. раздел 3.3). С помощью этой пластины, устанавливаемой под пауком, можно было решать задачи, связанные с восходом, кульминацией и заходом небесных тел на любой широте [King D., 2005, p. 57].

Арабская цивилизация распространялась в основном на запад и на восток, в широтном поясе от 33° (Багдад) до 36° (Алеппо, Андалусия) и 40° (Толедо, Самарканд). Поэтому и на востоке и на западе можно было использовать одни и те же тимпаны. После того, как астрольбия двинулась в Европу, потребовались тимпаны для более северных широт, вплоть до 51° – для Лондона. Поэтому вопрос создания универсальной астрольбии стал особенно актуален в X – XI вв.

Этот кардинальный шаг сделал арабский астроном и математик **аз-Заркали** (1029–1087), работавший в Кордове (Испания). Он перенес точку проецирования из южного полюса мира на равноденственную линию (см. рисунок 3.37). В результате сафиха (араб. «пластина»), или сафия Арзахеля (*saphaea Arzachelis*), как ее называли, или более обще – универсальная астрольбия – могла использоваться на любой широте. Описание инструмента на основе данной проекции стало широко известно благодаря Альфонсовым таблицам (ок. 1252–1270) и трактату еврейского переводчика Якова **Ибн-Тиббона** (Профатиуса) (*Jacob ibn Tibbon, Prophatius*) (1236–1305), написанному в 1263 г. [Таги-Заде, Вахабов, 1975, с. 193–198; Michel, 1976, p. 15; King D., 1979, p. 244–257]. Высказываются предположения, что аз-

Заркали не был первым, кто изобрел данную проекцию. В числе других авторов сафихи называют ал-Худжанди (ум. ок. 1000) и ал-Бируни [Hartner, 1960, p. 726].

На сафихе были нанесены одновременно линии двух координатных систем, расположенных друг к другу под углом, равным углу наклона эклиптики (ϵ). Таким образом, для любой точки небесной сферы можно было отсчитывать координаты в двух системах – экваториальной и эклиптической, не производя вообще никаких действий.

Проекция одной координатной системы называлась *шакказия* (происхождение слова неизвестно) [King D., 1979, p. 244]. Аз-Заркали снабдил шакказию вращающейся линейкой и подвижным указателем в виде шарнирного пальца (брахиола – лат. «часть руки, клешня»). Эта линейка могла исполнять роль второй координатной системы, если установить ее относительно шакказии под углом, равным углу наклона эклиптики. Но при необходимости линейка могла представлять и третью координатную систему – горизонтальную, что значительно повышало универсальность инструмента.

Предшественник аз-Заркали, астроном **Али ибн Халаф** (937–1009) из Толедо [Hoskey, 2007, p. 34–35] не совмещал две координатные системы на одной пластине. Он использовал накладную *шакказию*, позже называвшуюся еще *ламиной* (лат. «пластина»). Эта универсальная ламина представляла собой половину универсальной проекции – сетку, которая могла поворачиваться относительно другой сетки, нанесенной на корпусе (см. рисунок 2.3 справа). В наше время такую накладную сетку легко сделать из прозрачного пластика, но в Средние века мастерам приходилось вырезать эту сетку из металла. По словам Д. Кинга, сохранился всего один инструмент с ламиной, изготовленный в XVII в. в Индии [King D., 2005, p. 58–59]. В Европе ламину заново изобрел английский математик **Джон Блэгрэйв** (John Blagrave) (ок. 1561–1611), описав ее в книге «Математическое сокровище» (The Mathematical Jewel) в 1585 г. [Morrison, 2007, p. 185–187]. Многие операции по пересчету координат выполнялись «в одно касание», но данный вариант был сложным и дорогим, так что не получил большого распространения.

Но вернемся к универсальной астролябии. Она не могла полностью заменить традиционную астролябию из-за того, что с помощью классического инструмента некоторые задачи решались проще, да и была она более привычной для пользователей. Поэтому, на практике произошло усложнение конструкции. Мастера зачастую изготавливали инструмент «два в одном» – одна сторона несла универсальную астролябию, другая – классическую, как, например, астролябия Гуалтеруса Арсениуса из музея им. М. В. Ломоносова (Кунсткамера) (см. А.13).

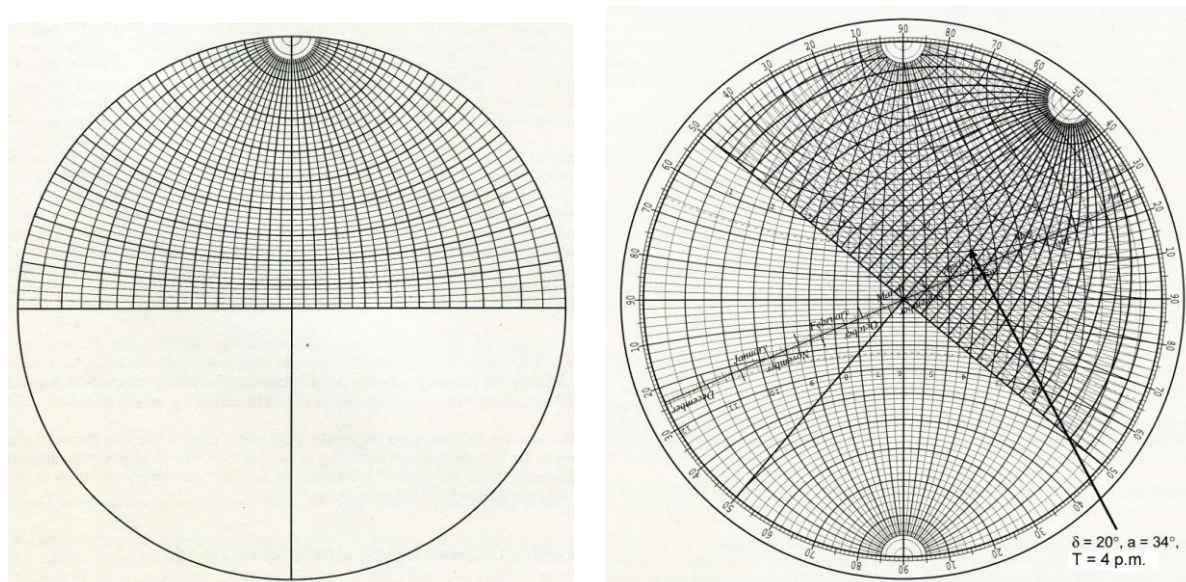


Рисунок 2.3 – Ламина (слева) и ее наложение на сафию (справа)

Еще одну попытку – объединить классику и универсальность – сделал шейх и астроном **Ибн Басо** (Ibn Bāṣo) из Гранады (ум. 1316). Он создал универсальную пластину для всех широт, которая устанавливалась в корпус классической астролябии и придавала ей новые вычислительные возможности, хотя сам Ибн Басо использовал ее скорее для теоретических расчетов или в учебных целях. Фактически, это была комбинация «пластины горизонтов» Хабаша и сафихи. К тому же, здесь совмещены южная и северная проекции. Конечно, такие комбинированные проекции были описаны еще Бируни, но теперь они были связаны еще и с универсальной проекцией. Линия экватора в зависимости от ситуации могла служить горизонтом, эклипстикой или первым вертикалом (рисунок 2.4). Конечно, пользоваться ею было не просто. Впрочем, это относится ко всем универсальным астролябиям. Сохранились несколько образцов таких инструментов, самые ранние из которых изготовлены после 1289, и в 1309 г., еще при жизни Ибн Басо [Calvo, 2000, p. 272–273].

Необходимо сказать, что перечисленными вариантами не ограничиваются изыскания наиболее универсальной конструкции. Ибн Басо вдохновил как минимум двух мастеров – это ал-Джазар (астролябия в Музее Оксфорда, 1327/28 г.) и Ибн ал-Сарра (астролябия в Музее Бенаки, Афины, 1328/29 г.), которые внесли свой вклад в развитие универсальности. Последнюю из перечисленных астролябий Д. Кинг называет одной из наиболее утонченных астролябий за всю их историю [King D., 1995, p. 158].

С целью повышения точности отсчета при измерении высот, еврейский ученый-энциклопедист **Леви бен Гершом** (Levi ben Geršon) (1288–1344), живший на юге Франции, предложил использовать трансверсальную шкалу (рисунок 2.5). Единственная сохранившаяся астролябия с такой шкалой была изготовлена Гансом Дорном в 1483 г. (Музей истории

науки, Флоренция). Этот же ученый предлагал и другие способы повышения точности. Например, брать отсчет высоты дважды, поворачивая между наблюдениями инструмент на 180° , исключая тем самым ошибку «нуля», то есть несовпадения начального деления с вертикальной линией, направленной в зенит. К нижнему краю астролябии он предлагал крепить груз для стабилизации инструмента. Он же изобрел «посоха Якова», астрономический инструмент, широко применявшийся в последующие века [Goldstein, 1977].

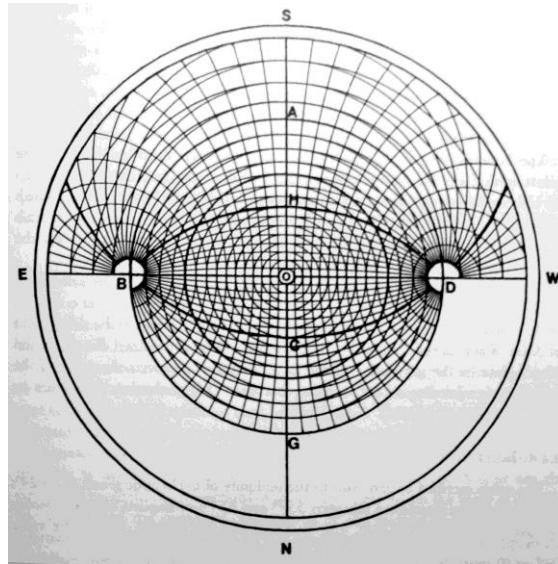


Рисунок 2.4 – Внешний вид пластины ибн Басо

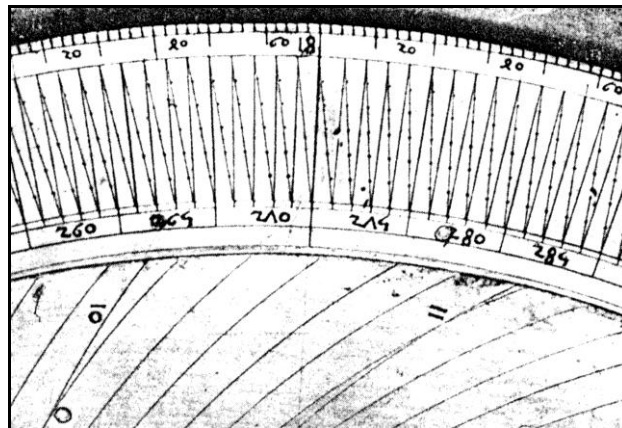


Рисунок 2.5 – Фрагмент лимба астролябии 1483 г. с трансверсальной шкалой

До сих пор мы рассматривали варианты, при которых шло усложнение классической астролябии. Но не менее важным, и, несомненно, не менее гениальным решением **ат-Туси** (1201–1274) было упрощение инструмента до линейной астролябии. Она сохраняла основные функции своей старшей сестры, но была неприлично простой и дешевой. Из-за этого ее

мало ценили, и в результате ни одна из них не дожила до нашего времени [Таги-Заде, 1975, с. 198–202].

В конце XIV в. большой вклад в популяризацию астролябии сделал английский поэт, которого называют основоположником английской национальной литературы, Джеффри Чосер (Geoffrey Chaucer) (ок. 1340/45–1400). Его трактат “The astrolab”, написанный им в 1391 г. на английском, а не на латинском, как было принято тогда, языке, адресован маленькому Льюису, сыну поэта, вероятно, чтобы подчеркнуть важность и доступность материала.

В XIV в. появилась потребность в новой системе измерения времени, прежняя – неравные или сезонные часы – стала неудобной. Новые шкалы времени появились на астролябиях. Французский мастер **Жан Фузорий** (Jean Fusoris) (ок. 1365–1436) объединил все известные ему мелкие усовершенствования, чтобы на их основе сделать инструмент нового дизайна, ставшего эталоном для последователей. Имя Фузория стало хорошо известно, он получал заказы от коронованных особ и самых именитых людей того времени. Впрочем, заказ от английского короля во время Столетней войны привел к обвинению Фузория в измене. История едва не закончилась трагически, в 1415 г. мастер был вынужден покинуть Париж и провести остаток дней в провинции. До наших дней сохранилось как минимум 18 астролябий Фузория. Они не подписаны, но все имеют характерную ошибку – звезда бэта Овна получила отрицательное склонение и попала в южное полушарие [Dictionary of Scientific Biography, 1978, vol. 15, p. 162–164.].

В XV в. центр производства астролябий переместился в Германию – в Аугсбург и Нюрнберг. Несколько лет (в 1471–1475) в Нюрнберге работал знаменитый астроном **Иоганн Мюллер** (Региомонтан) (Regiomontanus) (1436–1476). Здесь он организовал типографию и напечатал эфемериды. Сохранились астролябии, которые он сделал в Вене вместе со своим учителем **Пурбахом** (Georg von Peuerbach) (1423–1461) [Белый, 1985, с. 113–115]. Из венской школы вышел еще один талантливый мастер – **Ганс Дорн** (Hans Dorn) (ум. 1509), оставивший после себя в числе прочего и универсальную астролябию (1486 г.). Эту идею позже развил Гемма Фризиус (о нем ниже).

Считается, что влияние Региомонтана, наряду с удачным расположением Нюрнберга, послужили отправной точкой для появления здесь мастерских по изготовлению инструментов [Zinner, 1972, p. 149–150].

Мастерская **Георга Хартмана** (Georg Hartmann) (1489–1564) в Нюрнберге служила хорошим примером разделения труда. В производственном процессе должны были участвовать как минимум три мастера – разработчик, гравер и оформитель. Сохранилось более 20 астролябий, произведенных здесь. Одна из астролябий, хранящаяся ныне в Вашингтоне, замечательна тем, что каждая ее деталь на обороте имеет номер «12». Это подтверждает тот

факт, что в мастерской одновременно велась сборка нескольких инструментов [Gibbs, Saliba, 1984, p. 16]. Хартман также был первым, кто около 1526 г. начал производить дешевые астролябии, сделанные из дерева и бумаги. Это еще больше расширило круг ее пользователей [Zinner, 1967, p. 357–368, 682].

Из нюрнбергской школы вышел **Эразм Хабермель** (Erasmus Habermel) (1538–1606), который позже работал при дворе императора Рудольфа в Праге. Наряду с астролябиями он изготавливал и инструменты нового века – теодолиты, квадранты, уровни, солнечные часы [Zinner, 1967, p. 329–346, 681]. Другой Хабермель – **Джошуа** (Joshua Habermel) (возможно, родственник первого) – в 1575 г. изготовил гигантскую астролябию с картой немецких земель (ныне хранится в Нюрнберге), доведя, таким образом, до абсурда идею Меркатора – стереографическую карту земных полушарий. Еще один мастер – **Иоганн Преторий** (Иоганн Рихтер) (Johannes Praetorius, Johann Richter) (1537–1616) – также делал гигантские (до 500 мм в диаметре) и насыщенные художественной гравировкой инструменты [Ibid, p. 471–472, 684].

Конечно, работа мастерских сопровождалась новыми рукописными, а с конца XV в. и печатными трудами об астролябиях. Все работы можно с некоторой долей условности разделить на три части: о конструировании, об использовании астролябии и труды, в которых рассматривались теоретические вопросы. Анализируя распределение таких работ в XV – XVIII вв. можно выявить пик популярности астролябии. Он приходится на 1510–1630-е гг. [Turner A., 2005, p. 32] – это «золотой век» астролябии в Европе.

Наиболее популярные авторы многократно переиздавались. К таким можно отнести немецкого математика, астронома и астролога **Иоганна Штёфлера** (Johannes Stöffler) (1452–1531), одна из главных книг которого – «Руководство об изготовлении и использовании астролябии» (*Elucidatio fabricae ususque astrolabii*) – с 1512 по 1620 гг. выдержала 16 изданий. Перечень 46 звезд из этой книги надолго стал классическим, хотя координаты по-прежнему происходили из Альмагеста, написанного более тысячи лет назад, с поправкой на прецессию [Stoeffler, 2007]. Эрнст Циннер считает, что именно эта работа Штёфлера завершает развитие астролябии [Zinner, 1972, p. 144–145].

В XVI в. в Лёвене (Бельгия) произошло второе рождение универсальной астролябии – сафии Арзахеля. Врач и математик **Гемма Фризиус** (Gemma Frisius) (1508–1555) в своей мастерской достиг самый высокий уровень художественного и технического совершенства изготовления научных приборов, который никто уже не смог превзойти. За ними даже закрепилось особое название – «католическая астролябия». Сам Фризиус был разносторонним ученым и много сделал в картографии. Считается, что он первым в новое время (в 1533 г.) предложил метод триангуляции для построения геодезической сети.

После смерти Фризиуса мастерскую возглавил его племянник **Гаултерус Арсениус** (Gualterus Arsenius). Сохранилось не менее десятка его астролябий, отличающихся большим размером (диаметром более 340 мм), изяществом отделки и совершенством конструкции. Одна из астролябий хранится в Кунсткамере – см. А.13 [Ченакал, 1961, с. 289–296].

Школу в Лёвене прошел и фламандский картограф **Герард Меркатор** (Gerardus Mercator) (1512–1594). Хотя его имя более известно в связи с предложенной им картографической проекцией, в конце XX в. были обнаружены три астролябии, изготовленные им [Turner G. L'E, 2005]. На той из них, которая хранится во Флоренции, имеется тимпан с картой мира. На одной стороне тимпана нанесена карта северного полушария, на другой – южного. Вращая паук, расположенный поверх тимпана, можно было наглядно видеть в каких местах на земном шаре Солнце или какая-то звезда достигают зенита. Таким образом, астролябия получила еще одну функцию, которая использовалась преимущественно в учебных целях. Пример такой карты имеется на тимпане итальянской астролябии из Центрального военно-морского музея в С.-Петербурге (см. А.12).

Новый тип астролябии, основанный на другом типе проекции – ортографической, предложил в 1550 г. испанец **Хуан де Рохас** (Juan de Rojas y Sarmiento) (даты рождения и смерти неизвестны), который был учеником Фризиуса. Точка проецирования расположена в бесконечности, так что параллели изображаются прямыми линиями, параллельными экватору (см. рисунок 3.43). Сохранилось около 30 таких астролябий.

На закате эпохи астролябий в 1702 г. **Филипп де Ла Ир** (Philippe de La Hire) (1640–1718) предложил еще одну усовершенствованную конструкцию астролябии, но она уже не была воплощена в металле. Центр проецирования расположен между точкой равноденствия и бесконечностью. В результате дуги меридианов и параллелей изображаются дугами эллипсов (см. рисунок 3.44). Помимо сложности построения, имеется и плюс по сравнению с универсальной астролябией – равные расстояния между параллелями. В Гринвиче сохранился единственный выполненный на картоне экземпляр такой астролябии из книги **Николя Биона** (Nicolas Bion) (ок. 1652 – 1733) (см. раздел 3.6).

Двадцать европейских мастеров, оставивших наиболее заметный вклад в деле изготовления астролябий, перечислены в каталоге «Западные астролябии» [Webster, 1998, p. 162–163]. Основные европейские центры производства – Лёвен (ныне Бельгия), Париж, Лондон, Падуя, Нюрнберг, Санс (Франция).

На Востоке – в Персии и Индии не было кардинальных изменений в конструкции, здесь велась адаптация инструментов под вкусы местной знати, большое внимание уделялось декорированию паука и других элементов. В Индию астролябию впервые привез Бируни еще в XI в. Первый трактат об астролябиях на санскрите был написан Махендрой Сури в 1370 г. Он на-

звался Янтраджа («король астрономических инструментов») [Sarma, 2008, p. 37]. Назначение индийских астролябий было преимущественно астрологическим или декоративным, так как астролябии часто служили дорогими подарками именитым особам. К сожалению, не сохранилось ни одного инструмента из Дели, хотя известно об их существовании.

Гораздо лучше дела обстоят с изучением школы мастеров из города Лахор (ныне Пакистан). Исследованием деятельности этой школы много лет занимается немецкий исследователь индийского происхождения Раджесвара Сарма [Sarma, 2008]. Видимо, активность в Лахоре началась с Максуда ал-Хирави (Maḥṣūd al-Hirawī) ок. 1550 г. [King D., 2005, p. 104–105]. За следующие сто с лишним лет, с 1567 по 1691 г., четыре поколения мастеров из династии Аллахада (Allāhdād) произвели около сотни астролябий и много других инструментов [Sarma, 1994]. Одна из астролябий была описана академиком Б. Дорном [Dorn, 1842] и считается утерянной. В Музее Востока в Москве хранится ранняя астролябия из Лахора 1587–1588 г. По большей части ее шкалы нефункциональны, на обороте преобладают астрологические таблицы (см. А.9).

Лахор был далеко не единственным центром изготовления астролябий в Центральной Азии. Так, в Ташкенте хранится инструмент, изготовленный в 1677–1678 г. в г. Балх (ныне Афганистан) [Осипов, 1910]. Не менее известны школы мастеров из Исфахана (Иран), Алеппо, Дамаска (Сирия), Северного Ирана [King D., 2005, p. 104–105]. В Эрмитаже хранится как минимум три поздние работы мастеров Исфахана конца XVII – начала XVIII в. (см. А.2–А.4).

Отдельно необходимо упомянуть астролябии, изготовленные мастерами **стран Магриба**. Это города северного побережья Африки – Марокко, Марракеш, Мекнес (сев. Марокко). Здесь в относительной изоляции сохранялись традиции арабских мастеров даже после того, как в 1492 г. последний мавританский правитель был изгнан с Пиренейского полуострова. Сохранилось достаточно большое количество инструментов из Магриба. Одна астролябия, датируемая 1730-ми гг., хранится в Кунсткамере (см. А.10).

2.6 Завершающий этап истории астролябии (XVIII – XIX вв.)

В XVII в. в Европе еще продолжали изготавливать астролябии, но интерес к ним падал. На Востоке же новые инструменты появлялись еще более двухсот лет – до конца XIX в. Хронологическое распределение сохранившихся астролябий (см. рисунок 2.6) показывает два максимума – во второй половине XVI в. для европейских инструментов (совпадает с оценкой Антония Тёрнера – см. раздел 2.5), и во второй половине XVII в. – первой половине XVIII в. для восточных [Price, 1955a, p. 38–39].

Закат астролябий был обусловлен, во-первых, появлением более точных астрономических инструментов на основе оптических систем и более точных измерительных кругов. Во-

вторых, появлением компактных маятниковых часов, вошедших в широкое употребление после открытия Христиана Гюйгенса в 1652 г. И в-третьих, вместе с научными открытиями Коперника, Кеплера, Ньютона шло изменение мировоззрения людей, в результате чего ослабла вера в астрологию, а астрология стала казаться анахронизмом прошлого.

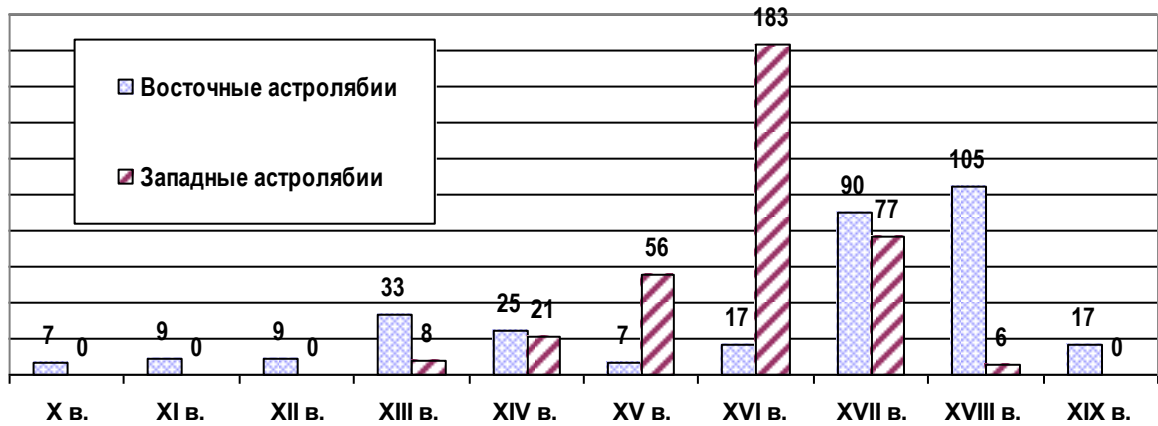


Рисунок 2.6 – Хронологическое распределение сохранившихся астролэбий

После того, как в Европе классическая астролэбия ушла со сцены, остались инструменты, сохранившие ту или иную ее функцию:

- квадрант, существовавший параллельно с астролэбией и ненадолго переживший ее; он был дешевле, с его помощью было проще определять время;

- морская астролэбия (появилась между XIII и XV вв. [Wilson, 1949, p. 165], сохранилось около 65 экземпляров) и секстант для использования на море;

- геодезическая астролэбия для наземных съемок; ее история была короткой, но насыщенной; появившись в 1533 г. в Голландии, она нашла вторую жизнь в России, где применялась весь XVIII и XIX вв.;

- в XX в., до появления компьютеров, применялись вычислительные номограммы (сетка Каврайского, сетка Вульфа), в точности повторяющие функции универсальной астролэбии;

Таким образом, отзвуки великой истории астролэбии докатились до середины XX в.

2.7 Планисферные астролэбии в России

История российских астролябий на фоне общего их заката в XVII–XVIII вв. изложена в отдельной статье диссертанта [Масликов, 2014а]. Тезисно отметим основные моменты:

1) первое документально подтвержденное использование астролябии на территории России иностранцем, австрийским дипломатом бароном Сигизмундом фон Герберштейном (1486–1566), отмечено в 1526 г.; в «Записках о Московии» он говорит о первом определении широты Москвы и дает значение $55^{\circ} 30'$;

2) первое документально подтвержденное использование астролябии русским человеком произошло в 1636 – 1639 гг.; речь идет об Алексее Романчикове, сопровождавшем посольство Голштинского герцогства в Персию; входивший в состав посольства саксонский ученый и путешественник Адам Олеарий (1599–1671) с помощью астролябии получил для широты Москвы значение $55^{\circ} 36'$, что всего на $9'$ меньше истинного значения.

3) юный царь Петр Первый изучал астролябию в 1688 г.; его инструмент хранится ныне в Государственном Эрмитаже (см. А.14);

4) первым в России (и одним из первых в мире) восточные астролябии исследовал в 1838–1865 гг. российский академик, немец по происхождению, Б. А. Дорн;

5) исследования 60-х – 90-х гг. XX в. в России были посвящены преимущественно изучению арабских текстов и наиболее подробно – работ ал-Бируни;

6) исследователям астролябий еще предстоит завершить изучение всех сохранившихся в российских музеях астролябий и определить их место в международных систематических каталогах;

7) в России термин «астролябия» в течение двух веков ассоциировался с геодезическими угломерными инструментами, о которых следует сказать подробнее.

2.8 Геодезические астролябии

В ряде российских музеев хранятся научные инструменты прошлого, которые в XVIII – XIX вв. широко использовались для геодезических работ. Эти угломерные инструменты, как правило, называются астролябиями, хотя к настоящим планисферным астролябиям с их двухтысячелетней историей, они имеют небольшое отношение. К тому же, такое наименование оказалось чисто российским, так как в зарубежных музеях такие же инструменты называются иными терминами.

История геодезических астролябий начинается с 1533 г., когда фламандский врач, математик и мастер **Гемма Фризиус** (Gemma Frisius) (1508–1555) предложил использовать для построения триангуляции упрощенную версию астролябии [Companion Encyclopedia, 1994, p. 1108]. От классического инструмента осталась алидада с двумя визирами и лимб с угловой

разметкой. Диск инструмента располагался горизонтально и устанавливался с помощью шеста на удобную для наблюдателя высоту.

В 1597 г. **Филипп Данфри** (Philippe Danfrie) (1532–1606), гравер и смотритель французского монетного двора, сократил «полный круг» наполовину, оставив 180-градусный лимб, и назвал его «графометром» (греч., от *graphein* – писать, и *metron* – мера). Важным нововведением у Данфри стало наличие двух алидад, одна из которых была зафиксирована относительно круговой шкалы, что упростило и сделало более точным измерение угла между двумя объектами [Turner A., 1989].

Вторая визирная ось появилась в 1608 г. и у «полного круга» благодаря голландскому землемеру **Яну Питерсзону Дау** (Jan Pieterszoon Dou) (1573–1635). Позже такой инструмент с двумя перпендикулярными визирами и подвижной алидадой, стали называть «голландским кругом» [Pouls, 2004].

Таким образом, распространение геодезических угломерных инструментов началось в Европе с середины XVI в. До России эти инструменты дошли в начале XVIII в. Первый «цыркуль-зем», что, вероятно, происходит от русской транскрипции английского слова «semi-circle» («полукруг»), царь Петр заказал в 1721 г. у английского мастера **Эдмонда Кальпепера** (Edmund Culpeper) (1670–1737) за 120 рублей [Платонов, 1928, с. 7]. Петр к тому времени знал планиферную астролябию, которой умел пользоваться [Maslikov, 2015a], поэтому новый инструмент он никак не мог назвать тем же самым термином. Однако уже ближайшие соратники Петра – капитан **Захар Мишуков** (1684–1762) и **Яков Вилимович Брюс** (1669–1735) называют эти угломерные инструменты астролябиями. Начиная с 1727 г. эти «астролябии» начали производиться, пока еще штучно, в мастерских «инструментального искусства» при Академии наук.

В середине XVIII в. последовал период бурного развития производства этих инструментов в связи с острой необходимостью межевания земель. В 1754 г. Сенат предписал академическим мастерским изготовить 200 астролябий. Главным мастером в те годы был Ф. Н. Тирютин (1728–1779), ему пришлось организовать серийное изготовление отливок и поковок отдельных узлов [Ченакал, 1953, с. 135, 138]. Буквально через десятилетие, ко времени Генерального межевания 1765 г. в Сенате было уже 611 астролябий, да в Вотчинной коллегии – 206, всего же в ведении Главной межевой канцелярии в С.–Петербурге насчитывалось 1087 астролябий! [Тетерин, 2008, с. 207] В основном, это были «полные круги», а «половинчатые» астролябии к этому времени уже назывались «староманерными» [Ченакал, 1953, с. 204–205].

Весь XIX в. в России продолжались работы по сгущению геодезической сети. На самом нижнем этапе сгущения методами так называемой «низшей геодезии» [Андреев, 1857,

с. 111–114] астролябии продолжали оставаться самыми используемыми инструментами. Поэтому уже в начале века появилось несколько частных фирм по производству геодезических инструментов: «Е. С. Трындына Сыновей» (Москва, с 1809 г.), «К. Роде» (С.–Петербург, с 1815 г.), «Г. Белау и Сынъ» (С.–Петербург, с 1816 г.), «Г. Герлах» (Варшава, с 1816 г.). К середине XIX в. заявили о себе фирмы «А. Шперлинг» (Петербург), «Ф. Швабе» (Москва, ок. 1837). Позже других, в 1895 г. появилась московская фирма «П. И. Громов» [Новокшанова, 1957, с. 236–288].

Точку в производстве геодезических астролябий поставила революция 1917 г. В 20-е – 30-е гг. XX в. астролябия еще упоминается в литературе, но только как учебное пособие. Ее место окончательно заняли более точные теодолиты и кипрегели.

Можно предположить, что количество геодезических астролябий, прошедших за два века через горнило межевых съемок в России, исчисляется тысячами. Однако, в музеях их сохранилось совсем немного. Один из самых ранних инструментов – «цыркуль-зем» Петра Первого (1721 г.) находится в Зимнем дворце Петра I, входящем в состав Государственного Эрмитажа (С. –Петербург).

Второй инструмент того же времени – немецкая астролябия И. Э. Эслинга (1716) – хранится в музее МИИГАИКа в Москве [Плахов, 1996]. Обе астролябии являются на самом деле графометрами, то есть полукругами.

В Эрмитаже находятся как минимум семь геодезических приборов с названием «астролябия» [Новокшанова-Соколовская, 1968, с. 105–124]. В Кунсткамере хранится геодезическая астролябия Ф. Н. Тирютина, изготовленная в 1754–1758 гг. в Инструментальных мастерских Академии наук и художеств.

В Москве несколько мест хранения таких инструментов. В Государственном историческом музее их три: немецкого мастера Христиана Бойлинга (вторая половина XVII в.), немецкого мастера Франциска Фибига (перв. половина XVIII в.), тульского мастера Федота Довиха (1788) [там же, с. 117–119].

Еще две в МИИГАИКе: немецкого мастера К. Коха (1762) и Шперлинга (1843) [там же, с. 119, 121]. (Однако, на самом деле астролябий здесь больше – инструментов Трындына и Эслинга нет в списке). По одной – в Политехническом музее (Шперлинг, 1866), в музее истории Государственного университета по землеустройству (Шперлинг) и в экспозиции Хлебного дома музея-заповедника Царицыно (1752).

Кроме перечисленных столичных музеев, инструменты с названием «астролябия» сегодня можно увидеть и в других российских городах: в музее «Некрополь Демидовых» в Туле (тульского мастера П. Д. Захава, 1815), в музее развития технологий геодезии и картографии в Н. Новгороде (К. Роде, первая половина XIX в.), в музее истории физики Томского

госуниверситета (Шперлинг, 1859), в Красноярском краевом краеведческом музее (Шперлинг, 1849), в Свердловском областном краеведческом музее (Ф. Швабе, конец XIX – начало XX в.) и др. Все они дошли до нашего времени под «чужим» именем – астролябия.

В европейских музеях, как правило, не называют геодезические угломерные инструменты «астролябиями». Чаще всего это графометр (иногда используется англ. название “semi-circumferentor”) или «полный круг» (нем. “vollkreisinstrument”; англ. “circumferentor”, “holland circle”, “surveyor's compass”; фр. “cercle entier”, “volcirkel”). Таким образом, в России сложилась уникальная ситуация – геодезический инструмент для сугубо земного использования, получил звучное и возвышенное имя «астролябия».

Завершая главу об истории астролябии, хотелось бы отметить, что такой обзор выполнен впервые. В соответствие с одной из задач, сформулированной во Введении, установлены закономерности каждого исторического этапа, показана неизбежность развития альтернативных разновидностей астролябии. Информация для данного обзора собиралась из разрозненных зарубежных источников, написанных как на английском, так и на ряде других европейских языков. Полный текст обзора опубликован [Масликов, 2016b].

В следующей главе даны теоретические основы функционирования астролябии в целом и отдельных ее узлов в частности.

ГЛАВА 3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АСТРОЛЯБИЙ

Астрономические инструменты не случайно еще в древности называли математическими. Принципы их действия были основаны на математических преобразованиях и вычислениях. В данной главе мы рассмотрим основные математические и астрономические соотношения, на основе которых конструировались элементы планисферной астролябии. А также практическую реализацию этих соотношений как геометрическими, так и аналитическими методами. Некоторые особые виды астролябий, преимущественно поздние, строились на иной математической основе, отличной от классической. Будут отмечены и инструменты, сильно отличающиеся от астролябий внешним видом, но несущие в себе функционал астролябий.

3.1 Теоретические основы использования стереографической проекции

Причиной широкой популярности астролябии на протяжении многих веков являлась возможность представить небесную сферу с помощью относительно простой конструкции. Имеющиеся альтернативные методы – небесный глобус, армиллярная сфера, звездная карта – не выдержали конкуренции со стороны астролябии. Глобус сложен в изготовлении, армиллярная сфера нетранспортабельна, звездная карта не передает динамики небесных движений. Астролябия оказалась тем гениальным изобретением, которое приняли ее пользователи – ученые, путешественники, мореплаватели – и без серьезных изменений передавали из поколения в поколение.

Первым шагом для создания такого инструмента стало открытие подходящего вида проецирования, так, чтобы небесную сферу перенести на плоскую поверхность или, как говорили древние греки, «развернуть сферу». Главным методом со времен Аполлония Пергского (262–190 г. до н. э.) стал метод стереографического или, как его первоначально называли – планисферного проецирования. Термин «стереографическая» (от греч. στερεοζ – «тело» и γραφω – «писать, описывать») применительно к проекции введен в научный оборот в 1613 г. иезуитским математиком и архитектором **Франциском Аквилонским** (1567–1617) из Антверпена. Теория метода изложена еще Аполлонием в книге «Конические сечения» (Κονικά) (ок. 225 г. до н. э.). Первые 4 книги этого труда сохранились в греческом оригинале, а книги 5–7 – в арабском переводе Сабита ибн Корры (836–901). Заключительная восьмая

книга не сохранилась. Для нас особенно важна первая книга, в которой изложены основные свойства планиферной проекции.

Подробный разбор «Конических сечений» Аполлония сделал голландский математик Ван дер Варден в 1950 г. Его книга была переведена на русский язык [Ван дер Варден, 1959, с. 329–354]. Позже Нейгебауэр показал роль «Планиферия» Птолемея в передаче идей Аполлония [Neugebauer, 1975, p. 857–860]. Труд самого греческого автора переведен на русский язык частично – лишь первые 20 предложений – треть первой книги [Аполлоний Пергский, 1928]. Из современных работ на русском языке необходимо отметить книгу Розенфельда, в которой он в числе прочего обсуждает применение планиферной проекции Аполлония для создания астролябии [Розенфельд, 2004, с. 29–31].

В терминах современной математической картографии стереографическая проекция является частным случаем перспективно-азимутальных проекций с негативным изображением для сферы [Вахрамеев и др., 1986, с. 86–87]. Небесная сфера принимается за сферу радиуса R , изображение проецируется по законам линейной перспективы из точки зрения на картинную плоскость; при этом точка зрения помещается на одном из диаметров сферы, а картинная плоскость устанавливается перпендикулярно основному диаметру. Термин «негативные» применяется для случая, когда на картинную плоскость проецируется более удаленная от точки зрения часть сферы.

Конкретно для стереографической проекции точкой зрения является южный полюс сферы (иногда, гораздо реже – северный), а картинная плоскость совпадает с экваториальной плоскостью (рисунок 3.1).

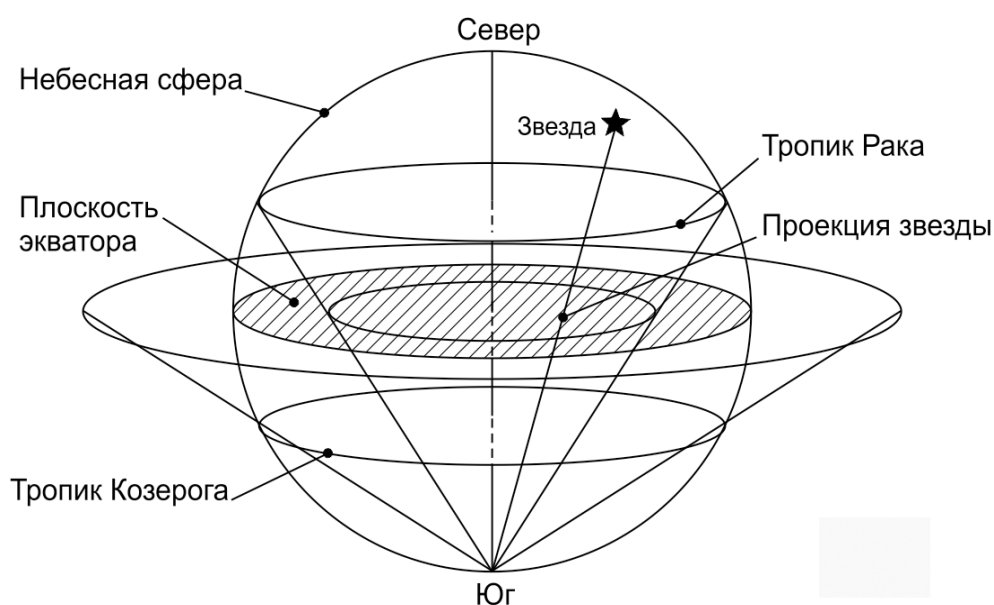


Рисунок 3.1 – Основные термины стереографической проекции

В картографии данный вид проекции используется как равноугольная азимутальная проекция чаще всего для полярных областей Земли. В астрономии ценность стереографической проекции обусловлена следующими ее весьма полезными свойствами:

1) круги небесной сферы изображаются кругами на плоскости проецирования. Это означает, что такие важные небесные круги как тропики, эклиптика, круги равных высот и азимутов остаются кругами на плоскости.

2) углы между направлениями на сфере сохраняются после их переноса на плоскость.

Эти свойства идеальны для астрономических целей. Однако имеется и недостаток. Чем дальше объект находится от оси проекции, тем больше искажается его размер. Например, диаметр кругов равного размера увеличивается при удалении от полюса (рисунок 3.2). То же происходит и с 30-градусными знаками зодиака, лежащими на эклиптике. Они отстоят от полюса мира на разные расстояния и, соответственно, имеют различную линейную протяженность на плоскости. Из-за этих искажений необходимо ограничивать размер отображаемой части неба, обычно на пауке астролябии размещались звезды, имеющие южное склонение до $-23,5^\circ$, то есть лежащие севернее тропика Козерога.

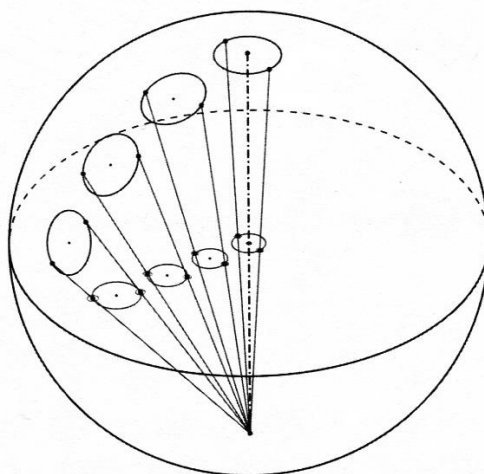


Рисунок 3.2 – Искажение размеров в стереографической проекции

В редко встречающихся южных астролябиях проецирование выполнялось из северного полюса и звезды, соответственно, помещались южные, лежащие южнее тропика Рака (склонение до $+23,5^\circ$).

Поскольку небесные системы координат (экваториальная и эклиптическая) постоянно меняют свое положение относительно местной горизонтальной системы, был сделан второй (после изобретения проекции) важный шаг в конструировании астролябии. Эти две системы – небесная и земная – наносятся на различные элементы инструмента, которые могут вращаться один относительно другого. Согласно представлениям древних об устройстве мироздания, неподвижна местная система координат (Земля), она изображалась на тимпане, за-

фиксированном в корпусе инструмента. Небесная система наносилась на паук, который вращался поверх тимпана. Таким образом, появлялась возможность воспроизвести взаимное положение этих двух систем на любой момент времени.

Для того, чтобы продемонстрировать свойства стереографической проекции, возьмем звезду X на сфере (рисунок 3.3), тогда X' – это проекция звезды на плоскость. Угол XOX' равен склонению данной звезды δ . Из равнобедренного треугольника XOS выведем значение каждого из двух углов OXS и OSX : $(90 - \delta) / 2$. После этого мы получим **основное уравнение стереографической проекции** (из треугольника OSX'):

$$r = R \cdot \operatorname{tg} [(90 - \delta) / 2], \quad (1)$$

где r – расстояние от центра до данной звезды на плоскости, а R – принятый для данного инструмента радиус сферы, на практике этот радиус определяет размер астролябии.



Рисунок 3.3 – Вывод основного уравнения стереографической проекции

Первое свойство стереографической проекции (о сохранении кругов) может быть доказано с помощью теоремы Аполлония Пергского. Это свойство Аполлоний формулирует в пятом предложении первой книги (греческий текст этого «предложения» занимает около двух страниц) [Heiberg, 1891, p. 17–21]. В русском переводе начало пятого предложения выглядит следующим образом: «Если наклонный конус пересечь плоскостью по оси перпендикулярно к основанию и пересечь также второю плоскостью перпендикулярно к проходящему через ось треугольнику, которая отсекает к вершине треугольник, подобный треугольнику по оси, но расположенный обратно, то сечение будет круг. Будем такое сечение называть противоположным». Как говорит автор русского перевода: «Манера письма, которой следует Аполлоний, теперь не обычна» [Аполлоний Пергский, 1928, с. 136].

Здесь Аполлоний рассматривает наклонный круговой конус и показывает, что в этом конусе, кроме семейства круговых сечений, параллельных его основанию, имеется второе семейство круговых сечений. Этот факт можно доказать следующим образом. Наклонный круговой конус с вершиной A обладает плоскостью симметрии, пересекающей окружность основания конуса в точках B и C (рисунок 3.4).

Треугольник ABC проходит через прямую, соединяющую вершину A конуса с центром O его основания, и, так как прямая AO является осью конуса, треугольник ABC называется осевым треугольником конуса. Если мы пересечем конус плоскостью, перпендикулярной биссектрисе угла BAC , то эта плоскость пересечет поверхность конуса по эллипсу, и конус можно рассматривать как прямой эллиптический конус.

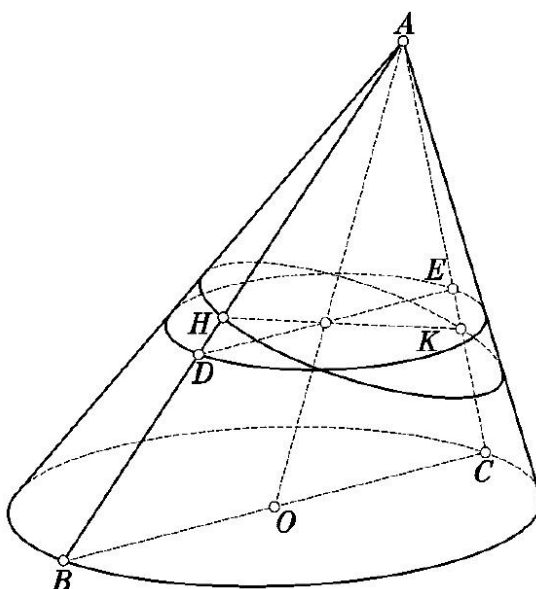


Рисунок 3.4 – Доказательство теоремы Аполлония Пергского о сохранении формы кругов

Эллипс, ограничивающий основание этого конуса, обладает двумя осями симметрии – прямой, по которой его плоскость пересекается с плоскостью ABC , и перпендикулярной ей прямой. Поэтому наклонный круговой конус обладает двумя плоскостями симметрии – плоскостью ABC и плоскостью, проходящей через точку A и вторую ось симметрии эллипса. Отражения круговых сечений наклонного кругового конуса, параллельных его основанию, от второй плоскости его симметрии являются круговыми сечениями второго семейства. Если DE – диаметр кругового сечения наклонного кругового конуса, лежащий в его осевой плоскости ABC , то отражение HK этого диаметра от второй плоскости симметрии конуса является диаметром одного из круговых сечений второго семейства, причем угол ADE равен углу AHK , а угол AED равен углу AHK [Розенфельд, 2004, с. 26–27].

Рассмотрим применение теоремы Аполлония к проецированию круга небесной сферы на плоскость (рисунок 3.5). Если окружность круга с диаметром НК, непараллельного плоскости проекции, проецируется из полюса А сферы на касательную плоскость в ее противоположном полюсе, то лучи, проецирующие точки окружности, являются прямолинейными образующими наклонного кругового конуса. Поверхность конуса пересекается с плоскостью проекции по окружности кругового сечения этого конуса, принадлежащего второму семейству, так как диаметр ВС этой окружности составляет с прямыми АВ и АС углы, равные углам АКН и АНК.

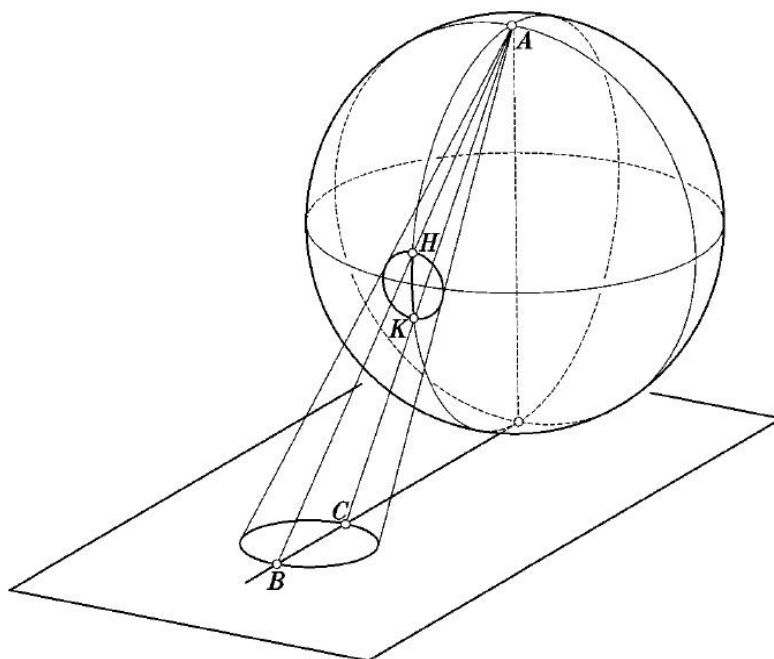


Рисунок 3.5 – Применение теоремы Аполлония для стереографической проекции

Доказательство второго свойства – о сохранении углов, то есть конформности преобразования, впервые было выполнено уже в Новое время английским астрономом и математиком Томасом Гарриотом (Thomas Harriot) (1560–1621). Приведем доказательство, описанное Нейгебауэром [Neugebauer, 1978, p. 859–860] и на русском языке Б. А. Розенфельдом [Розенфельд, 2004, с. 27–28].

Для этого рассмотрим рисунок 3.6. Если точка X на сфере проецируется в точку X' на плоскости, то две кривые на сфере, выходящие из точки X, изображаются на плоскости двумя кривыми, выходящими из точки X'. За угол между двумя пересекающимися кривыми принимается угол между касательными к ним в точке их пересечения. Пусть касательные к кривым, выходящим из точки X, это прямые XU и XV, пересекающие плоскость, проведенную параллельно плоскости проекции через центр проекции А, в точках U и V. Тогда отрезки XU и XV равны AU и AV как отрезки касательных, проведенных к сфере,

между точкой их пересечения и точками касания. Поэтому треугольники XUV и AUV равны, и угол UXV равен углу UAV . Касательные $X'U'$ и $X'V'$ к кривым, выходящим из точки X' , параллельны прямым AU и AV . Поэтому угол $U'X'V'$ равен углу UXV , что и требовалось доказать.

Для практического нанесения любой точки (звезды) на плоскость инструмента мастеру достаточно было иметь две полярные координаты – радиус r , определяемый формулой (1) на основании угла склонения, и угол в проекционной плоскости, совпадающий с углом звезды на сфере – обычно это прямое восхождение звезды α .

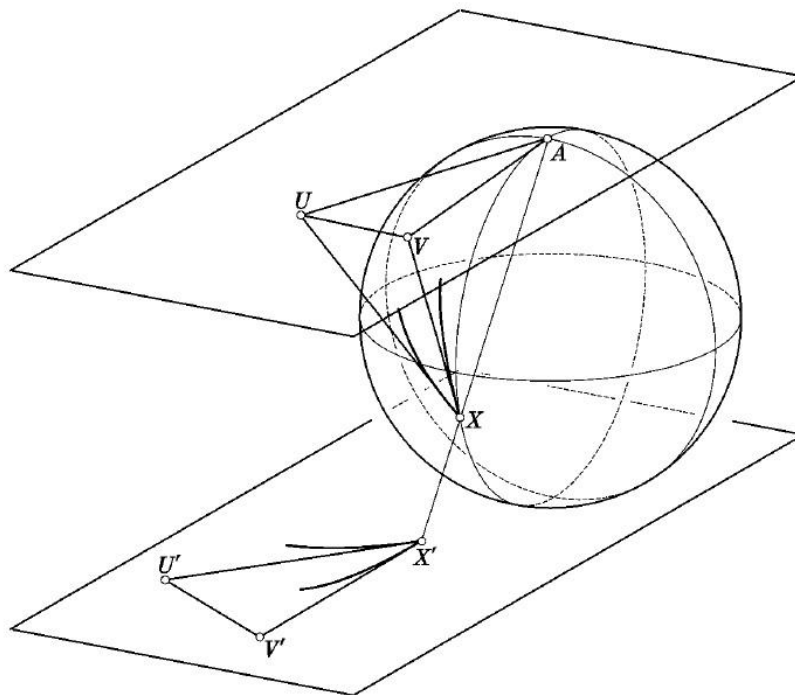


Рисунок 3.6 – Доказательство второго свойства проекции – о сохранении углов

В прямоугольной системе координат для нанесения точек на плоскость используются прямоугольные координаты $x = r \cdot \sin \alpha$, $y = r \cdot \cos \alpha$, где α – прямое восхождение, отсчитываемое от точки весеннего равноденствия против направления часовой стрелки, а ось x совпадает с данным направлением.

Нам потребуется в дальнейшем **теорема половинного угла**, известная еще в древности. Теорема гласит: в треугольнике, составленном двумя радиусами и хордой, опирающейся на эти радиусы, углы при хорде равны и определяются соотношением $\beta = (90 - \alpha)/2$. Доказательство вытекает из того факта, что сумма углов в треугольнике равна 180 градусам (рисунок 3.7).

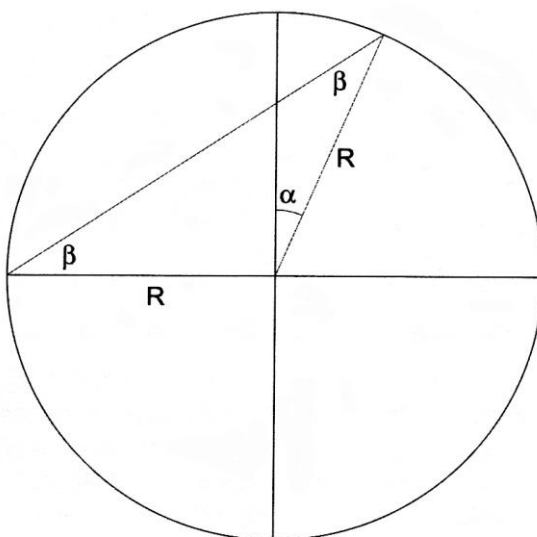


Рисунок 3.7 – Теорема половинного угла

3.2 Построение элементов небесной системы координат – «паук»

Рассмотрим принципы применения стереографической проекции при изготовлении важнейшего элемента астрольбии – «паука». Эта деталь являлась как бы «лицом» инструмента и декорировалась с максимальным усердием, а физически представляла собой плоскость, на которую проецировались основные точки и круги небесной сферы, включая звезды.

На первом этапе построения паука мастер наносил на заготовленной пластине основные круги небесной сферы – экватор, тропик Рака, тропик Козерога радиусами R_{eq} , R_{can} и R_{cap} соответственно. Склонение этих кругов известно: $\delta_{eq} = 0$, $\delta_{can} = +\varepsilon$, $\delta_{cap} = -\varepsilon$ соответственно, где ε – наклон эклиптики к экватору.

Размер пластины для паука определяется радиусом сферы R , который согласно формуле 1 на стр. 51 для $\delta = 0$ равен радиусу экватора R_{eq} . Тогда $R_{cap} = R_{eq} \cdot \operatorname{tg} [(90 + \varepsilon)/2]$; $R_{can} = R_{eq} \cdot \operatorname{tg} [(90 - \varepsilon)/2]$. Центры всех этих кругов лежат в центре проецирования, на оси инструмента.

На практике мастера обходились вовсе без вычислений. Для этого использовался особый транспортир, который назывался «дастур» (dastur) (рисунок 3.8). Деления промаркированы целыми углами, а в действительности они содержали половинные углы [Michel, 1976, p. 44–45].

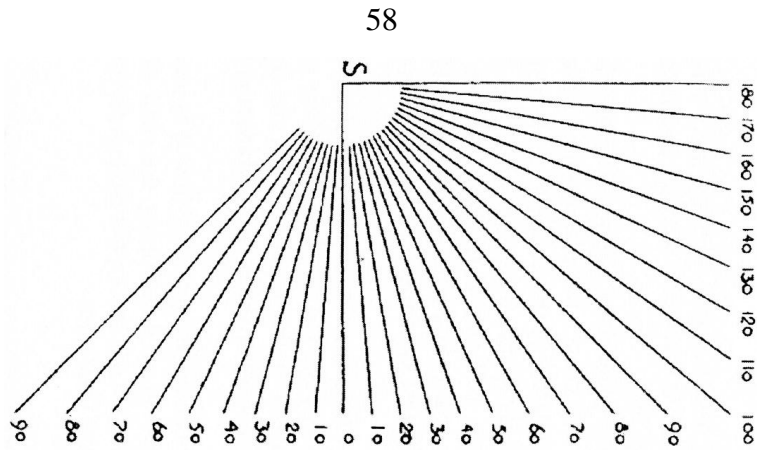


Рисунок 3.8 – «Дастур»

На рисунке 3.9 показан графический метод нанесения основных кругов с помощью «дастура». Центр «дастура» S устанавливался на край заготовки (в точке E) и от горизонтального диаметра откладывался угол, равный $(90 - \epsilon)$. Его пересечение с вертикальной линией и давало радиус экватора (точка R).

Следующий шаг в изготовлении паука – нанесение эклиптики. Она сохраняет круговую форму, но центр ее смещен относительно оси инструмента. Крайние точки эклиптики касаются тропика Козерога и тропика Рака, центр круга лежит посередине, так что радиус $R_{ec} = (R_{cap} + R_{can})/2$, а центр круга смещен относительно центра инструмента на величину $R_{cap} - R_{ec} = (R_{cap} - R_{can})/2 = R_{eq} \cdot \text{tg } \epsilon$.

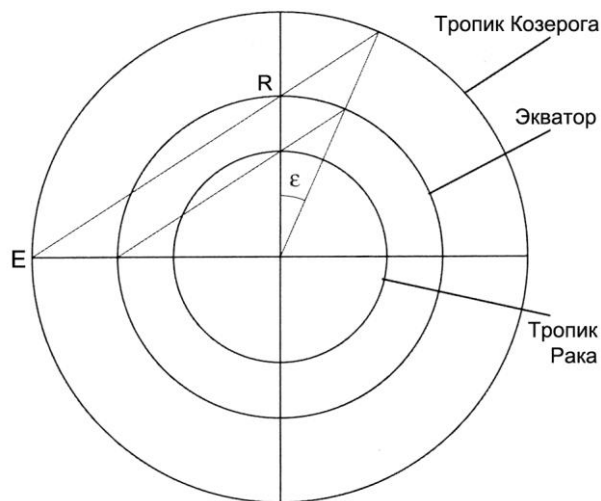


Рисунок 3.9 – Графический метод нанесения основных кругов на диск паука с помощью «дастура»

Следующий этап – маркировка эклиптики, то есть разбиение круга на 12 знаков зодиака и более мелкие деления. В точках, где начинается зодиакальный знак, Солнце имеет долготу λ , кратную 30 градусам: Овен – 0° , Телец – 30° и т. д. Широта Солнца β всегда равна

нулю. Прямое восхождение Солнца определяется соотношением $\text{tg } \alpha = \text{tg } \lambda \cdot \cos \varepsilon$. Можно вычислить прямое восхождение Солнца в начальной точке каждого знака зодиака и нанести эти точки на эклиптику.

На практике мастера использовали абсолютно точный и легкий на практике метод деления эклиптики, который не требовал вычислений. Метод основан на следующем свойстве стереографической проекции: любой круг на сфере, проходящий через центр проецирования (то есть через южный полюс), отображается на плоскости прямой линией. Поэтому малый круг, проходящий через южный полюс и полюс эклиптики будет отображаться прямой линией. Ось этого круга будет перпендикулярна плоскости, расположенной посередине между плоскостями экватора и эклиптики. Это означает, что этот малый круг будет отсекает равные дуги на экваторе и на эклиптике. На рисунке 3.10 линия, проведенная из полюса эклиптики, отсекает 30-градусные дуги на каждом из этих кругов.

Вся процедура описывается следующим образом:

- 1) наносится полюс эклиптики на расстоянии $R_{\text{eq}} \cdot \text{tg } (\varepsilon/2)$ от центра инструмента;
- 2) экватор делится на 12 (или более) равных частей;
- 3) линия, проведенная из полюса эклиптики через одно из делений экватора, определяет соответствующее деление на эклиптике;
- 4) штрих, соответствующий полученному делению, наносится по направлению к центру инструмента [Michel, 1976, p. 59–60].

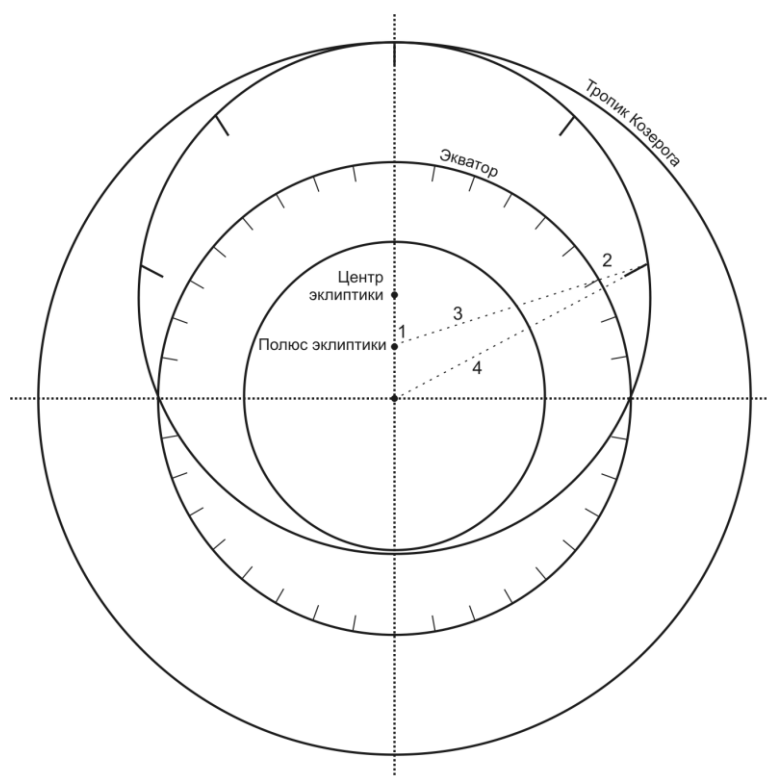


Рисунок 3.10 – Графический метод деления эклиптики

Самый интересный процесс в построении паука – нанесение звезд. Поскольку северный полюс сферы совпадает с осью вращения инструмента, проще всего для этого использовать экваториальные координаты – прямое восхождение α и склонение δ звезды. Расстояние звезды от центра инструмента зависит только от ее склонения и рассчитывается по фундаментальной формуле (1): $r = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(90 - \delta) / 2]$, где R_{eq} – радиус экватора. Прямое восхождение откладывается вдоль экватора от точки весеннего равноденствия до радиуса звезды.

У этого простого метода есть один минус – на пауке зачастую не было экватора, зато всегда присутствовала эклиптика. Поэтому на практике мастера сначала размечали эклиптику, а для нанесения звезд использовали особую координату, которая в Европе называлась «медиацией» (лат. *Mediation Coeli*), а у арабов – «градусом прохождения» (араб. *ممر* «*tamarr*»). **Медиация** – это градус эклиптики, который пересекает меридиан одновременно со звездой. Значение медиации m связано с прямым восхождением звезды следующим соотношением: $\text{tg } m = \text{tg } \alpha / \cos \varepsilon$. Медиация и склонение часто приводились в списках звезд как рабочие координаты для изготовления паука (см. например рисунок 4.1). Подробнее о способах вычисления и контроля звездных положений см. раздел 4.2.

3.3 Построение местной системы координат наблюдателя – тимпаны

Перейдем к рассмотрению методик изготовления различных элементов местной системы координат, которая в классическом исполнении изображалась на сменных дисках, называемых «тимпанами» (лат. *tabulae*, араб. *safa'ih*) (рисунок 3.11 и таблица 3.1).

Обычно на диске вблизи центра было нанесено значение широты, для которой диск был рассчитан. В некоторых случаях эта широта соответствовала конкретному пункту, или городу, например, Мекке или Багдаду. Но часто значение широты соответствовало одному из семи «климатов». Понятие климатов было известно со времен Эратосфена Киренского (276–194 гг. до н. э.). На арабском языке климаты подробно описаны еще в IX в. в «Книге картины Земли» ал-Хорезми [Розенфельд, Хайретдинова, 1994, с. 139–145] и в «Элементах астрономии» ал-Фергани [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 74–79].

Здесь мы рассмотрим «семь климатов» в применении к астролябии. Согласно определению Птолемея и его предшественников, первый климат – это широтный пояс, на центральной параллели которого максимальная продолжительность дня составляла 13 час., второй имел 13 час. 30 мин., третий – 14 час. и т. д. (см. табл. 3.1). Пограничные значения – 13 час. 15 мин., 13 час. 45 мин. и т. д. Максимальная продолжительность дня связана с часовым углом H восхода и захода Солнца в день летнего солнцестояния (когда $\delta = +\varepsilon$) [Меёс, 1988, с. 43]:

$$\cos H = -\text{tg } \varphi \cdot \text{tg } \delta.$$

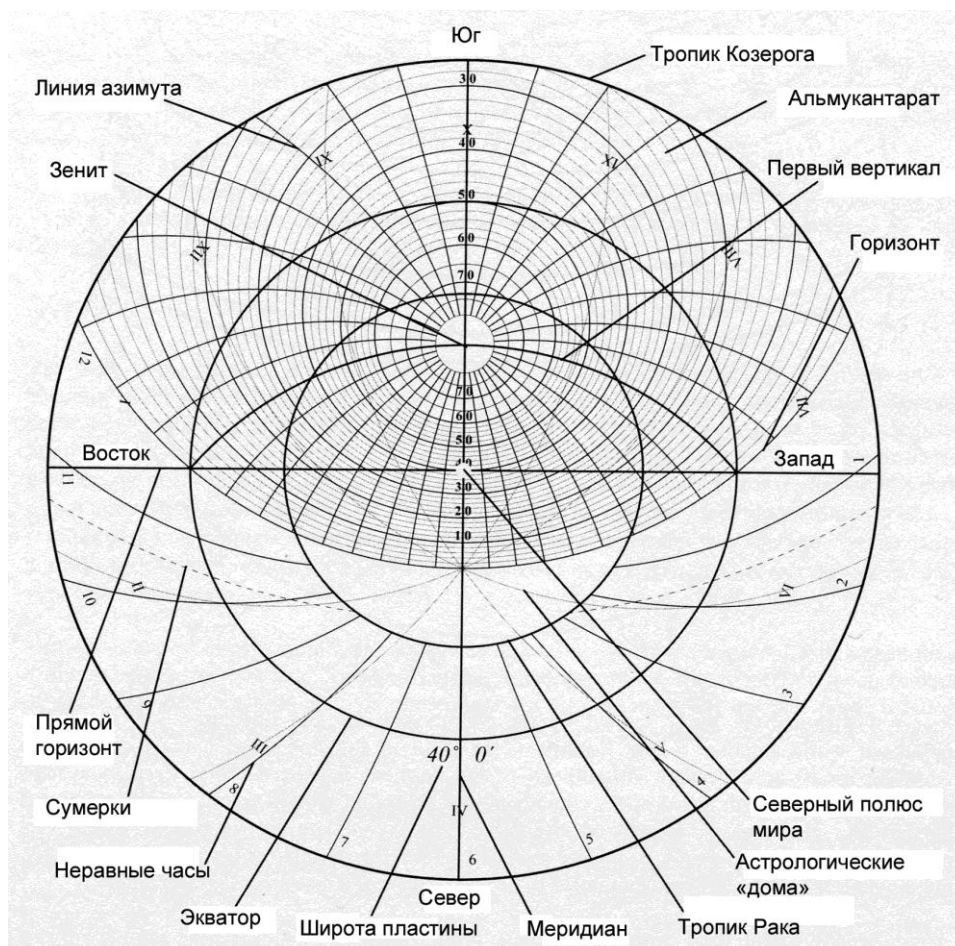


Рисунок 3.11 – Основные элементы сменного диска – «тимпана»

Таблица 3.1 – Названия основных элементов тимпана на латинском [Stoflerino, 1553] и арабском [Hartner, 1978, p. 2538–2539] языках

Русский	Латинский	Арабский
Тропик Козерога	Tropicus Capricorni	madār ra's al-jady
Экватор	Aequinoctialis	dā'irat al-i'tidāl
Тропик Рака	Tropicus Cancri	madar ra's al-hamal
Меридиан	Linea Meridionalis	khatt niṣf an-nahār
Прямой горизонт	Horizon Rectus	ufq al-istiwā'
Восток	Oriens	al-mashriq
Запад	Occidens	al-magrib
Горизонт	Horizon Obliquus	ufq
Альмукуантарат	Almicanterath	al-dā'ira al-muqanṭara
Зенит	Zenith	samt ar-ra's
Азимут	Azimuth	as-sumūt
Первый вертикал		awwal as-sumūt
Неравные часы	Horae Temporales Seu Inaequales	as-sā'āt az-zamāniya
Равные часы	Horae Aequinoctiales Seu Aequales	sā'āt al-i'tidāl

Поскольку точки восхода и захода симметричны относительно меридиана, часовой угол равен половине продолжительности дня, например, для первого климата $H = 6,5 \text{ час.} = 97,5^\circ$. При этом не учитывается рефракция и диаметр солнечного диска, то есть моментом восхода считается пересечение горизонта геометрическим центром солнечного диска. Отсюда можно получить соответствующее значение широты по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = -\cos H / \operatorname{tg} \varepsilon.$$

У ал-Фергани в IV главе «Совершенной [книги] о построении астролябии» дана продолжительность дня T , эквивалентная приведенной выше формуле [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 59]:

$$T = 12^h + 1/15 \arccos [2 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varepsilon) / (\cos^2 \varepsilon \cdot \cos^2 \varphi) - 1].$$

На каждом последующем климате, по определению, продолжительность дня была на 0,5 часа больше, а на границах между климатами, разница с центром климата составляла 15 мин. В таблице 3.1 приведены значения широт для двух значений наклона эклиптики ε .

Таблица 3.1 – Широта места как функция максимальной продолжительности дня для двух значений наклона эклиптики [King D., 2005, p. 927]

Климат	Продолжительность дня, час., мин.	Соответствующая широта (по Птолемею, при $\varepsilon = 24^\circ$)	Широта при $\varepsilon = 23^\circ 30'$
1	13:00	$16^\circ 20'$	$16^\circ 43'$
2	13:30	$23^\circ 40'$	$24^\circ 10'$
3	14:00	$30^\circ 10'$	$30^\circ 46'$
4	14:30	$35^\circ 50'$	$36^\circ 28'$
5	15:00	$40^\circ 41'$	$41^\circ 21'$
6	15:30	$44^\circ 49'$	$45^\circ 29'$
7	16:00	$48^\circ 19'$	$48^\circ 59'$

Для восточных астролябий указание соответствующей максимальной продолжительности светового дня было обязательным. Но не всегда соответствие было точным, традиционные значения могли отличаться от расчетных. В таблице 3.2 приведены два варианта значений [Gibbs, Saliba, 1984, p. 55].

Другой источник географических данных в арабском мире – это таблицы городов, которые были одним из обязательных элементов как астролябий, так и зиджей. Если на астролябии хватало места для нескольких десятков (до сотни) городов, то зиджи могли содержать несколько сотен географических пунктов. На русском языке опубликованы таблицы Беруни в 5-й книге «Канона Масуда» [Беруни, 1973, с. 444–473], в которых более 600 пунктов, и таб-

лицы Улугбека с 240 пунктами [Улугбек, 1994, с. 140–142]. Подробнее о географических данных см. раздел 4.2.

Таблица 3.2 – Обратная зависимость – максимальной продолжительности дня от широты места

Широ- та, град.	Максимальная продолжительность дня			
	Традиция А (соответствует $\varepsilon = 23^\circ 35'$)		Традиция В (равномерное увеличение)	
	час.	мин.	час.	мин.
30	13	57	14	0
31				
32	14	07	14	08
33				
34	14	17	14	16
35				
36	14	28	14	24
37				
38	14	39	14	32
39				
40	14	52	14	40

Прежде, чем перейти к рассмотрению отдельных элементов тимпана, отметим следующее. Благодаря основному свойству стереографической проекции, круги равных высот и круги равных азимутов будут проецироваться на плоскость также кругами. Каждый круг однозначно определяется его радиусом и положением центра. Оба эти параметра могут быть найдены, если определить положение крайних точек какого-либо круга, лежащих на одном диаметре. Отметим также, что не все круги полностью попадают на пластину, то есть находятся внутри тропика Козерога.

Горизонт и круги равных высот. Рассмотрим построение горизонта – линии, высота точек на которой равна нулю для данной местности с широтой φ . Положение горизонта определяется тем фактом, что угол между горизонтом и северным полюсом N равен широте места. Из этого факта вытекает то, что склонение северной точки горизонта будет равно $(90 - \varphi)$, а южной точки – $(90 - \varphi)$. На рисунок 3.12 из точки S проведены проекционные линии к этим крайним точкам горизонта. Z – это зенит. Соответственно, расстояния от центра проекционной плоскости до этих крайних точек r_1 и r_2 определится с помощью основной формулы $r = R \cdot \operatorname{tg} [(90 - \delta) / 2]$,

где вместо δ будем подставлять склонения крайних точек горизонта:

$$r_1 = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(90 - (90 - \varphi)) / 2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} (\varphi/2),$$

$$r_2 = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(90 + (90 - \varphi)) / 2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(180 - \varphi) / 2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [90 - (\varphi/2)] = R_{\text{eq}} \cdot \text{ctg} (\varphi/2).$$

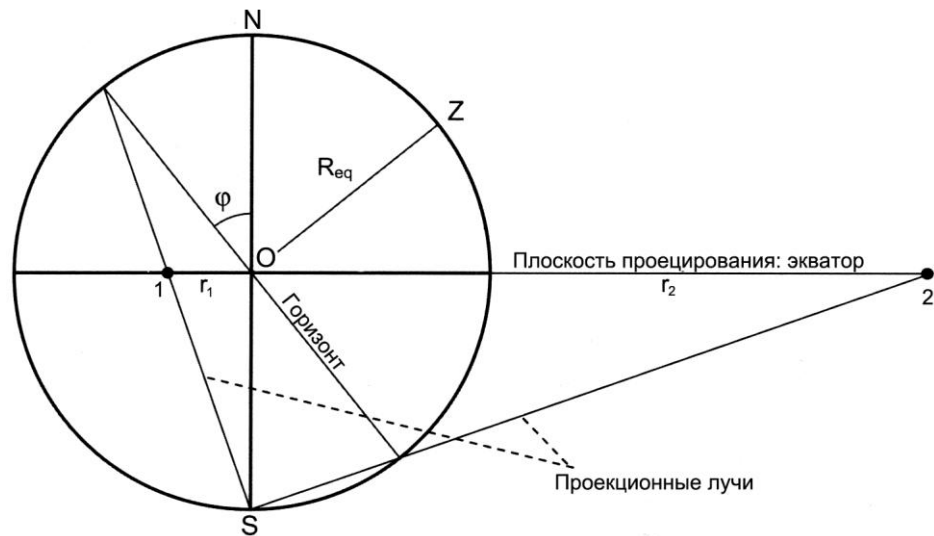


Рисунок 3.12 – Построение линии горизонта

Центр круга горизонта лежит посередине между этими точками, так что его радиус равен $r_0 = (r_1 + r_2) / 2$. Выполнив сложение r_1 и r_2 , применяя формулу для тангенса половинного угла $\text{tg} \varphi/2 = \sin \varphi / (1 + \cos \varphi)$, после преобразований получим $r_0 = R_{\text{eq}} / \sin \varphi$.

Мы получили радиус круга горизонта. Путем дальнейших логических рассуждений можно найти и точку, являющуюся центром круга горизонта. Для этого достаточно сложить r_1 и r_0 . После преобразований, с использованием формулы половинного угла, получим положение центра горизонта $R_H = R_{\text{eq}} / \text{tg} \varphi$.

Таким образом, у нас есть центр горизонта и его радиус, по этим данным можно однозначно провести необходимый круг. Внутри тропика Козерога попадет лишь часть этого круга, так что горизонт изобразится дугой окружности. Попутно можно найти точки пересечения горизонта с тропиком Козерога. Ведь это точки, где Солнце восходит или заходит в день зимнего солнцестояния. В это время склонение Солнца $\delta = -\varepsilon$. Воспользуемся для расчета уже использовавшейся формулой часового угла $\cos H = -\text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \delta$, подставив значение $\delta = -\varepsilon$. Полученный угол отсчитывается от точки юга, то есть от нижней линии меридиана. Полезное применение этого свойства – решение обратной задачи – вычисление угла наклона эклиптики ε , которое мастер использовал при изготовлении инструмента.

На рисунке 3.13 приведен один из способов графического построения линии горизонта [Morrison, 2007, p. 71–72]. Вначале строится экватор. Затем от меридиана откладывается угол, равный широте места и проводится радиус $ОЭ_1$ до пересечения с экватором. От восточной точки экватора $Е$ проведем линию к точке $Э_1$. Пересечение этой линии с меридианом определяет положение зенита Z .

Затем откладывается еще один радиус $ОЭ_2$, перпендикулярный $ОЭ_1$. Пересечение линии $Э_2Е$ с меридианом определяет положение крайней точки горизонта 1. Осталось провести линии от точки Востока $Е$ через точку $Э_3$ до пересечения с меридианом. Это и будет вторая крайняя точки горизонта 2.

Центр круга $у_c$ откладывается на равном расстоянии от крайних точек 1 и 2. Эти графические построения соответствуют формулам, приведенным выше. Такие же построения выполняет ал-Бируни в «Книге об исчерпании возможных способов конструирования астролябии» [Вахабов, 1989, с. 91, 127].

Несколько иной, но не меняющий сути дела способ изложен у ал-Фергани в «Совершенной [книге] о построении астролябии» [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 57–58]. Генри Мишель описывает построение горизонта с помощью вспомогательного инструмента – «дас-тура» [Michel, 1976, р. 47–48]. Авторы многочисленных трактатов стремились внести свою лепту в процесс конструирования астролябии.

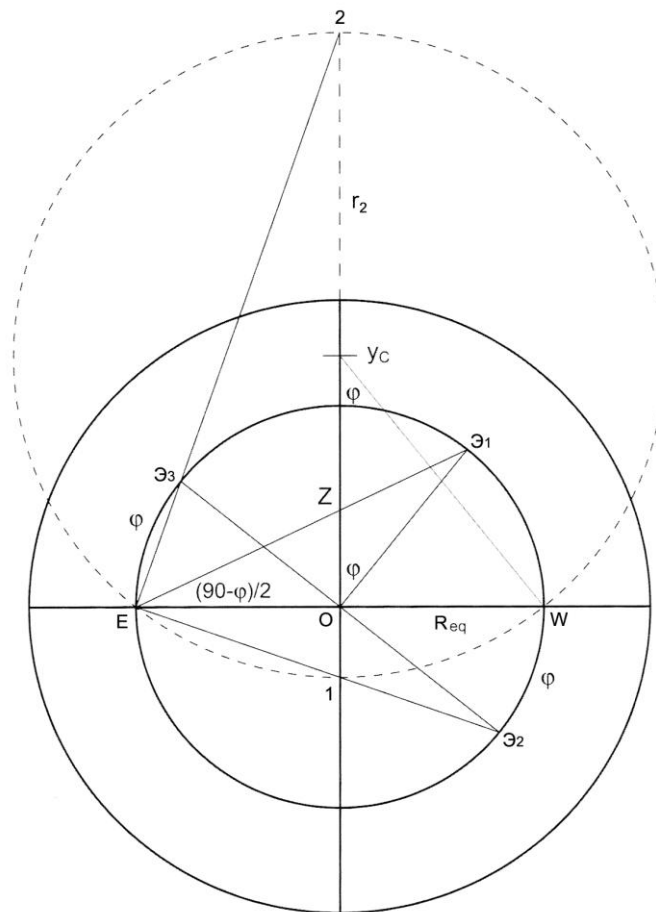


Рисунок 3.13 – Графическое построение линии горизонта

Построение кругов равных высот – альмукантаратов – аналогично построению линии горизонта. Для произвольного круга с высотой точек h , склонение крайних точек будет равно $(90 - \varphi + h)$ и $(-90 + \varphi + h)$. Знание этого факта позволяет определить положение крайних точек

$$r_1 = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(90 - (90 - \varphi + h)) / 2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} ((\varphi - h)/2);$$

$$r_2 = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [(90 + 90 - \varphi - h) / 2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{tg} [90 - (\varphi + h)/2] = R_{\text{eq}} \cdot \text{ctg} [(\varphi + h)/2].$$

Точно так же находим радиус круга высоты h как $r = (r_1 + r_2) / 2$.

Для упрощения полученного выражения можно использовать формулы преобразования тригонометрических функций:

$$\cos (A+B) = \cos A \cdot \cos B + \sin A \cdot \sin B,$$

$$\sin A + \sin B = 2 \sin ((A+B) / 2) \cos ((A-B) / 2).$$

После преобразований получим $r = R_{\text{eq}} \cdot \cos h / (\sin \varphi + \sin h)$ и положение центра соответствующего круга: $yc = R_{\text{eq}} \cdot \cos \varphi / (\sin \varphi + \sin h)$. На рисунке 3.14 приведены соответствующие графические построения [Michel, 1976, p. 49].

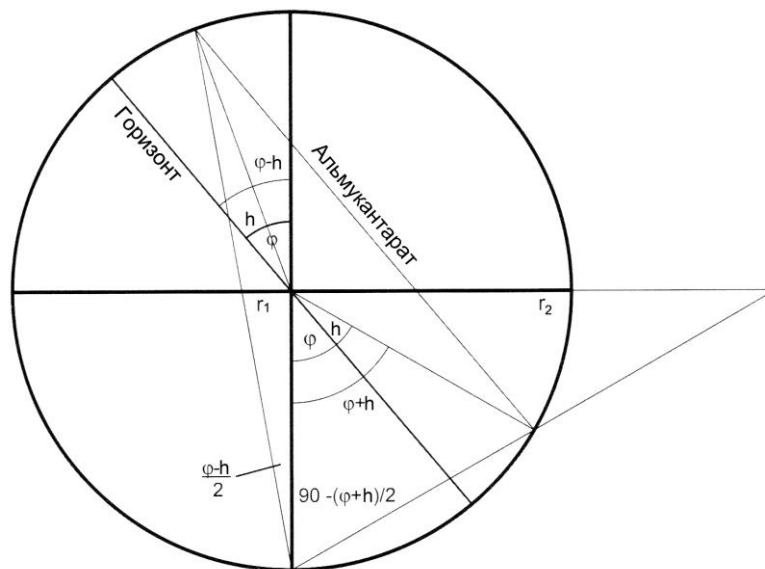


Рисунок 3.14 – Построение произвольного круга высоты h

Ал-Фергани приводит аналогичные формулы в IV и V главах «Совершенной [книги] о построении астролябии», дополняя их таблицей для широт от 15 до 50 градусов с шагом 1°, и высот, изменяющихся через 1° [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 57–63].

Ал-Бируни в «Книге об исчерпании возможных способов конструирования астролябии» описывает вышеприведенные формулы следующим образом: «Что касается альмукантаратов, то среди них есть те, которые меньше, чем широта местности. В таком случае также расположим его высоту в двух местах и одну из них вычтем из широты местности и возьмем с тем, что осталось соответствующего из полудиаметров и запомним это.

Затем прибавим другую из них к широте местности и вычтем сумму из ста восьмидесяти. Затем возьмем то, что соответствует остатку из полудиаметров и сложим с запомненным и сумма есть диаметр этого альмукантарата. Остаток вычитания полудиаметра от запомненного есть расстояние центра альмукантарата от центра тимпана» [Вахабов, 1989, с. 42–43].

Круги высот проводят с интервалом 1, 2, 3, 5 или 6 градусов, в зависимости от размера инструмента. Чем больше инструмент, тем больше линий изображается на нем. Некоторые астролябии имеют сумеречные линии. Это линии, соответствующие высоте -18° . Когда Солнце опускается на 18 градусов ниже горизонта, заканчиваются астрономические сумерки и наступает ночь. Иногда эта линия выглядит как два сегмента между тропиками Козерога и Рака – там, где может находиться Солнце.

Графический метод построения кругов равных высот – альмукантаратов – подобен построению горизонта, описанного выше. Потребуется откладывать вдоль экватора дуги, равные $\varphi + h$ и $\varphi - h$ (см. рисунок 3.15). В случаях, когда $h > \varphi$, нижняя граница соответствующего альмукантарата будет находиться выше линии «прямого горизонта» [Morrison, 2007, p. 75].

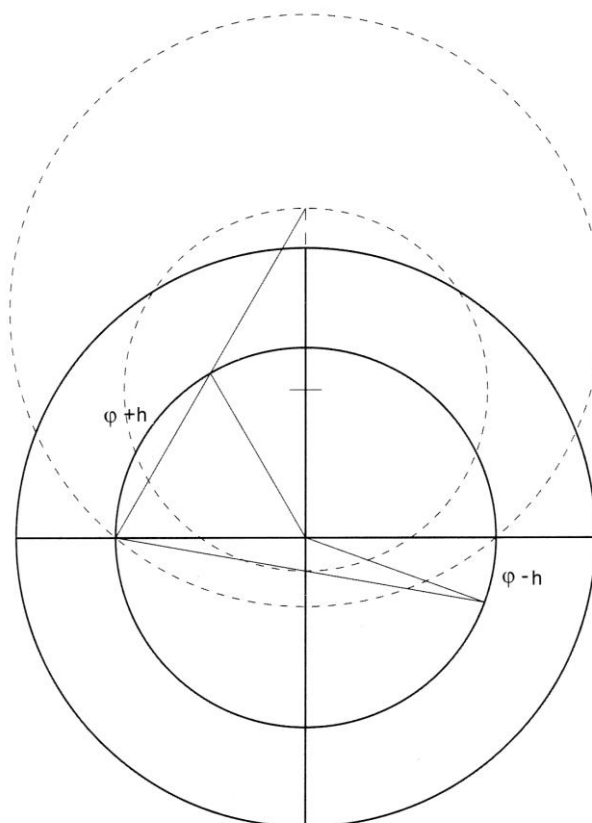


Рисунок 3.15 – Графический метод построения кругов равных высот

Круги равных азимутов. Круг, на котором расположены точки с одним и тем же значением азимута, проходит через точки зенита и надира. Поскольку все круги азимутов должны проходить через обе эти точки, их центры должны лежать на линии, проходящей по середине между ними. Исходя из требования сохранения углов, каждый такой круг пересекает меридиан под углом, равным азимуту A . На рисунке 3.16 изображены точки зенита Z и надира N . На пунктирной линии между ними располагаются центры кругов. Расстояния точек Z и N от центра инструмента O определяется соотношениями:

$$y_Z = R_{eq} \cdot \operatorname{tg} [(90 - \varphi) / 2];$$

$$y_N = R_{eq} \cdot \operatorname{tg} [(90 + \varphi) / 2].$$

Найдем точку, находящуюся между ними как $y_C = (y_Z + y_N) / 2$, она будет иметь отрицательное значение. Тогда расстояние от линии центров до зенита будет $y_{Az} = y_Z - y_C = (y_Z - y_N) / 2$. Подставляя значения y_Z и y_N и используя формулы преобразования тригонометрических функций:

$$\operatorname{tg} [(90 \pm a) / 2] = [1 \pm \operatorname{tg} (a/2)] / [1 \mp \operatorname{tg} (a/2)];$$

$$\cos 2a = (1 - \operatorname{tg}^2 a) / (1 + \operatorname{tg}^2 a);$$

получим $y_{Az} = R_{eq} / \cos \varphi$.

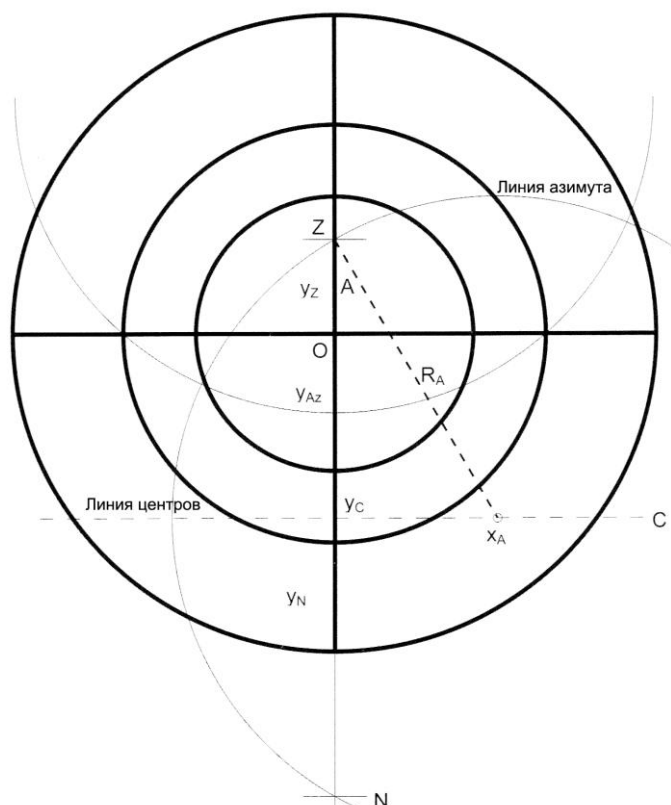


Рисунок 3.16 – Построение кругов равных азимутов

Рассмотрим построение дуги произвольного азимута A . Значение азимута необходимо отложить от меридиана, радиус R_A проводится до пересечения с линией центров азимутов.

Полученная точка x_A будет находиться на расстоянии $x_A = y_{AZ} \cdot \operatorname{tg} A$ от меридиана, а радиус азимутальной дуги будет равен $R_A = y_{AZ} / \cos A$. Отметим, что необходимо вычислить только четверть всех азимутов. Каждая дуга дает изображение двух противоположных азимутов, а точка, симметричная x_A относительно меридиана, позволяет построить еще два азимута. Таким образом, с помощью построения, показанного на рисунке, мы получим азимуты $(90 - A)$, $(270 - A)$, $(90 + A)$, $(270 + A)$.

Из всего семейства азимутальных линий особо выделяется первый вертикал – это азимутальная линия, проходящая через точки востока и запада, где она пересекается с горизонтом, экватором и «прямым горизонтом». Точность пересечения всех этих кругов демонстрирует точность изготовления пластины. Центр линии первого вертикала лежит на меридиане, его радиус равен y_{AZ} .

Описанная методика позволяет провести всю работу по нанесению линий равных азимутов графически, без каких-либо вычислений. Обычно линии азимутов проводятся выше линии горизонта с шагом 5 или 10 градусов. Они не смыкаются в точке зенита, а заканчиваются на одном из самых высоких альмукантаратов. Реже встречаются пластины, где линии нанесены ниже горизонта, а на самых старых арабских астролябиях их не было вовсе.

Линии неравных часов. Пластины с местной (горизонтальной) системой координат обычно содержали и набор линий для определения местного времени. В качестве такового использовались дневные и ночные часы. Дневное время начиналось с восходом Солнца, оно разбивалось на 12 равных часов – это были «дневные часы». Так же определялись и «ночные часы», начинающиеся с заходом Солнца. В дни равноденствий дневные и ночные часы совпадали по продолжительности. Однако все остальное время года их продолжительность сильно отличалась. Летом дневные часы могли быть в полтора, а то и в два раза продолжительнее ночных часов. Зимой все происходило наоборот – ночные часы были более протяженными. По этой причине данная система счета времени называлась «неравные» или «сезонные» часы.

Линии неравных часов обычно наносились ниже горизонта (рисунок 3.17), на свободном месте, где отсутствовали линии высот и азимутов. Время определялось с помощью паука, наложенного поверх тимпана. Указателем времени являлся градус эклиптики, где в данный момент находилось Солнце. В дневное время, когда Солнце находилось выше горизонта, час определялся по точке на эклиптике, противоположной Солнцу.

Для построения линий «неравных» часов необходимо дугу дневного (ночного) солнечного движения разбить на 12 равных частей. Проще всего это сделать когда Солнце находится на экваторе. 180-градусная дуга экватора ниже горизонта разбивается на 12 равных частей. Дуги тропиков Рака и Козерога можно разбить на 12 частей, вспомнив, что в преды-

дущем разделе мы определили часовой угол восхода / захода Солнца, а значит – можем найти точки пересечения тропиков и горизонта.

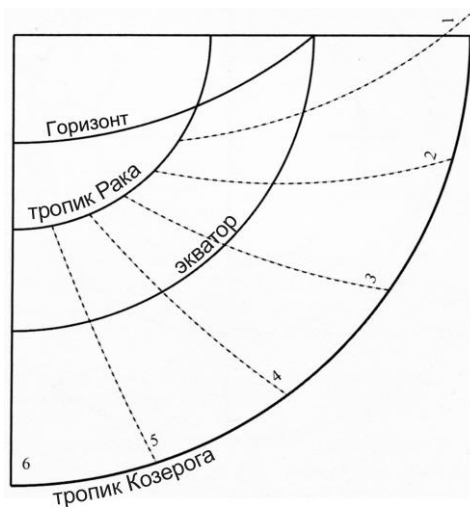


Рисунок 3.17 – Линии неравных часов

После того, как оба тропика и экватор будут разбиты на 12 частей, можно провести линию каждого часа по трем соответствующим точкам.

Линии мусульманских молитв. На исламских астролябиях из Магриба и Андалузии, на поздних персидских инструментах часто наносились линии, помогающие определить время для совершения мусульманских молитв. В Коране прописаны пять ежедневных ритуалов: утренний (*Fajr – фаджр*), полуденный (*Zuhr – зухр*), предвечерний (*Aṣr – аср*), вечерний (*Maghrib – магриб*), ночной (*Isha – иша*) [Коран, сура "Та-Ха", 20:130]. Каждая молитва имеет строго прописанные астрономические правила для определения ее начала. На астролябии наносились линии для молитв зухр и аср, время которых наиболее сложно вычислить. Определяются эти моменты с помощью тени вертикального гномона. *Зухр* начинается когда длина тени после полудня увеличится на $\frac{1}{4}$ длины гномона. *Аср* начинается тогда, когда тень увеличится на длину гномона, и заканчивается тогда, когда тень увеличится на две длины гномона. Эти правила не являются универсальными, встречаются и другие, но все они основаны на измерении тени от гномона.

На практике гномон, как ни странно, использовался очень редко [King, 2004, p. 469]. Имеется приближенная формула индийского происхождения для определения неравных часов с помощью измерения тени. В следующей формуле T – это неравный час от восхода или захода Солнца. После полудня результат получается вычитанием из 12:

$$T = 6n / (\Delta z + n),$$

где n – это длина гномона в стопах, а Δz – увеличение тени по сравнению с полуденной [Morrison, 2007, p. 83]. Эта формула дает неравные часы на каждый день года для любой широты.

Если воспользоваться этой формулой для расчета молитвы *зухр* ($\Delta z = n/4$), получим $T = 4,8$ или, вычитая из 12, получим значение 7,2 часа от восхода Солнца. Это означает чуть более одного часа после полудня. Для начала молитвы *аср* $\Delta z = n$ и результат будет 9, то есть окончание 9-го неравного часа. *Аср* закончится, когда $\Delta z = 2n$, в конце 10-го часа.

Иногда использовалась другая более строгая формула, также индийского происхождения: $\sin (15 T) = \sin h / \sin H$, где h – текущая высота Солнца, H – высота полуденного Солнца.

На рисунке 3.18 показаны три способа нанесения линий молитв *аср* и *зухр*. Сплошная линия показывает применение формулы синусов, данной выше. Пунктирная линия вычислена с использованием точных величин для широты, склонения Солнца и часового угла. Линия из точек близка к сплошной линии, она нанесена по трем точкам, определенным в моменты солнцестояния и равноденствий. Все три метода дают хороший результат.

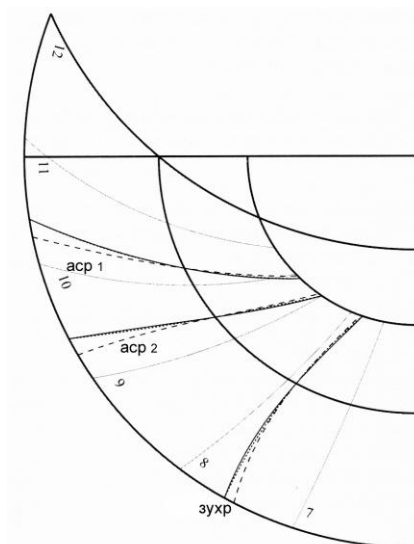


Рисунок 3.18 – Линии мусульманских молитв *аср* и *зухр*

Линии равных часов. Следующий шаг в измерении времени сделали европейские мастера. Они перешли от системы неравных часов к равным промежуткам времени, близким к современным часам. Невозможно сказать, кто и когда сделал это впервые. Точкой отсчета суток мог быть восход Солнца, тогда эти часы назывались итальянскими. В случае, если отсчет начинался с захода Солнца, речь шла о вавилонских часах. Для построения этих линий тропики и экватор делились на 24 равные части, и затем по трем точкам проводилась дуга соответствующего часа. Радиус этих дуг равен радиусу горизонта, а центры расположены вдоль одного круга склонений с шагом 15° , как видно на рисунке. Объяснить это можно следующим образом. Каждая последующая дуга равного часа представляет собой горизонт наблюдателя, расположенного на 15° к востоку или западу от исходной точки наблюдения.

На рисунке 3.19 приведены оба варианта нанесения равных часов – вавилонский и итальянский соответственно. Иногда оба типа линий наносились одновременно, добавлялись получасовые линии, как например, это сделано на астрольбии Петра I (см. А.14), что сильно усложняло возможность пользования ими. Изредка встречаются и такие весьма перегруженные случаи, когда одновременно наносились линии неравных и равных часов.

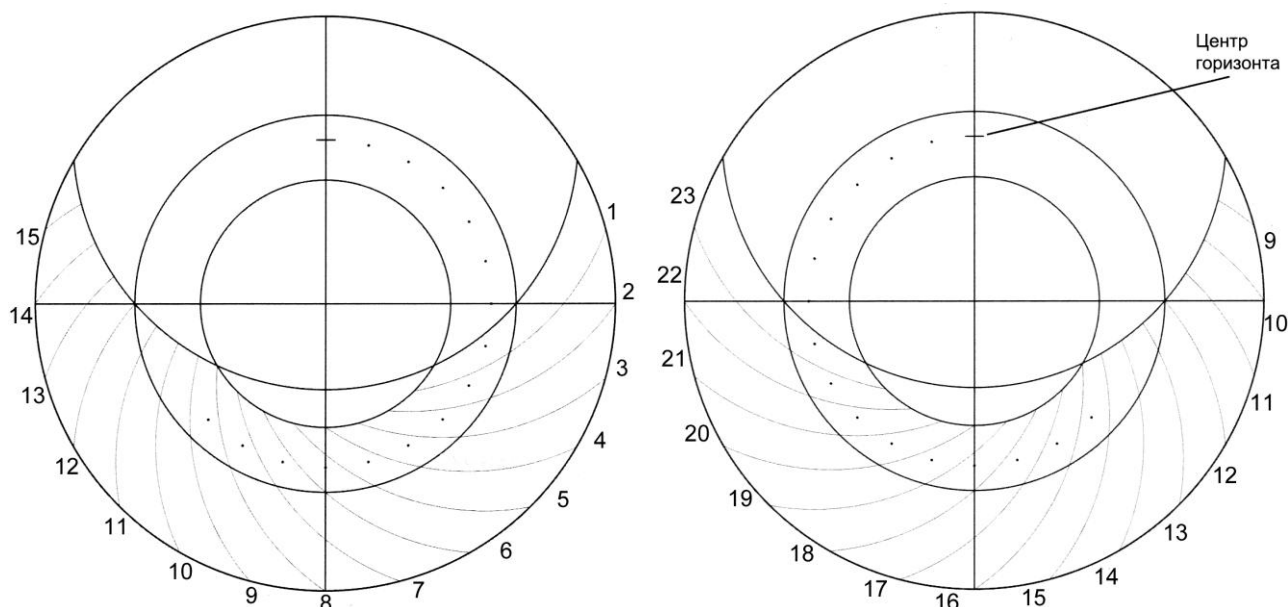


Рисунок 3.19 – Линии вавилонских (слева) и итальянских (справа) часов

Линии астрологических домов. Поскольку астрольбиями активно пользовались в астрологических целях, странно было бы не иметь соответствующие функции. Одно из фундаментальных понятий астрологии – так называемые «дома», которые символически описывали различные стороны жизни «натива», человека, для которого составлялся гороскоп. Деление небесной сферы на дома привязано к горизонту местности, а «кардинальными» точками являются точки пересечения эклиптики с горизонтом и меридианом. Нумеруются «дома» от восточной точки, асцендента, и идут против часовой стрелки.

Одна из таких систем приписывается Региомонтану (XV в.), хотя в XI в. ее использовал ал-Джайани, арабский математик из Кордовы [North, 1986, p. 36–38; Kennedy, 1994, p. 155; Kennedy, 1996, p. 543]. Большие круги, проходящие через северную и южную точки горизонта, делят экватор на равные 30-градусные части (рисунок 3.20) [Oestmann, 2014, p. 28].

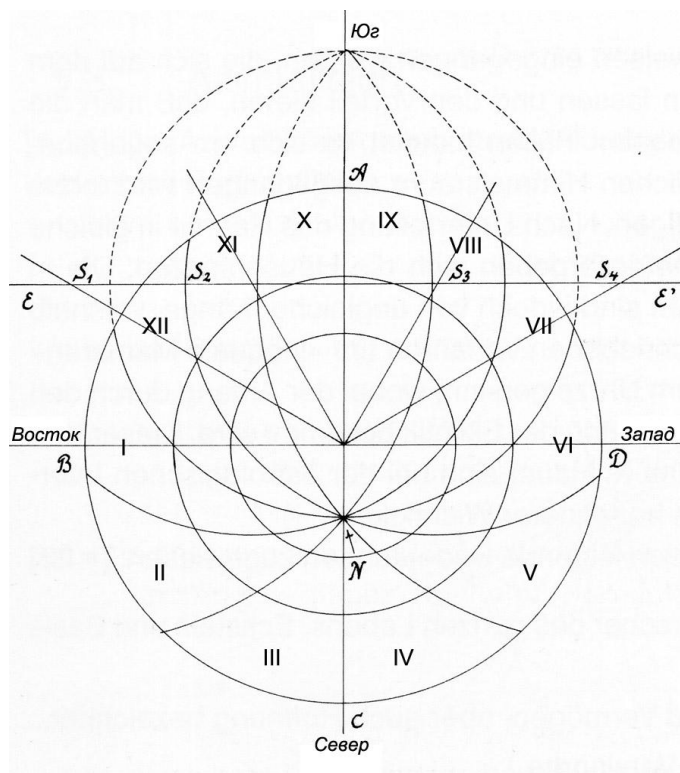


Рисунок 3.20 – Линии астрологических «домов» по системе Региомонтана

Другой метод, описанный математиком и астрологом Джованни Кампано из Наварры в XIII в., был известен Бируни в XI в. В этом методе на равные части делится первый вертикал. Геометрическое построение домов по этой системе найдено в работе немецкого математика Клавия (1593 г.). Круг горизонта (рисунок 3.21) делится на шесть равных частей линиями, проходящими через точку севера N.

Прямая $F - F'$, параллельная линии Восток – Запад, проходит через зенит E. Точки S_1 , S_2 , S_3 , S_4 вместе с точкой севера N определяют круги домов по системе Кампано, которые, как мы видим, весьма схожи с домами системы Региомонтана [ibid, p. 29].

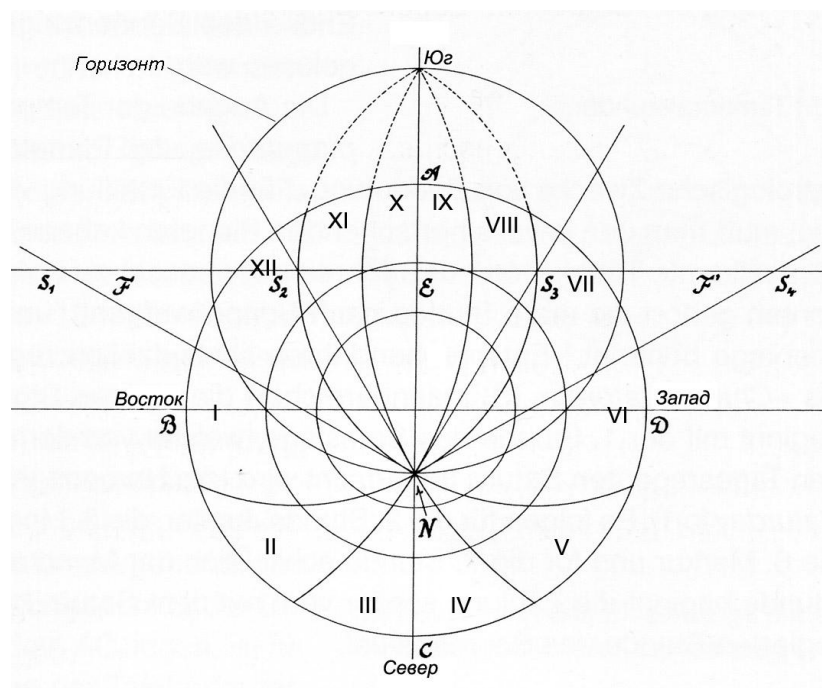


Рисунок 3.21 – Линии астрологических домов по системе Кампано

Особые пластины. Пластины могли изготавливаться для специфических широт, что расширяло сферу возможного применения астрологии. Эти пластины также использовались в учебных целях. Такими особыми пластинами были:

- универсальная пластина горизонтов, или «пластина для всех широт»;
- пластины для широт: 0 градусов, 90 градусов, $(90 - \epsilon)$ градусов.

Пластина «для всех широт» – это попытка придать астрологии универсальные функции. На ней изображены линии горизонтов, рассчитанные для различных широт. Она удобна, когда необходимо выполнить расчеты, например, восходов Солнца для различных мест. Причем, даже тех пунктов, для которых нет отдельного тимпана с нужной широтой. Это удобно для составления таблиц. Впервые такая пластина была введена Хабашем ал-Хасибом в IX в. и стала затем стандартом [Morrison, 2007, p. 64]. Пластина горизонтов с дополнительными функциями описана Ибн Басо (см. рисунок 2.4 на стр. 40). Полный набор кривых иногда был разбит на 4 или 8 секторов, чтобы линии не шли слишком густо, как это показано, например, на рисунке 3.22 слева.

С помощью пластины «без широты», то есть для широты 0° (рисунок 3.23, верхняя часть), можно было определять, например, моменты восхода определенного градуса зодиака. В этом случае зенит совпадает с экватором, а горизонт превращается в прямую линию, называемую *sphaera recta* (обычный горизонт – *sphaera obliqua*) [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 40].

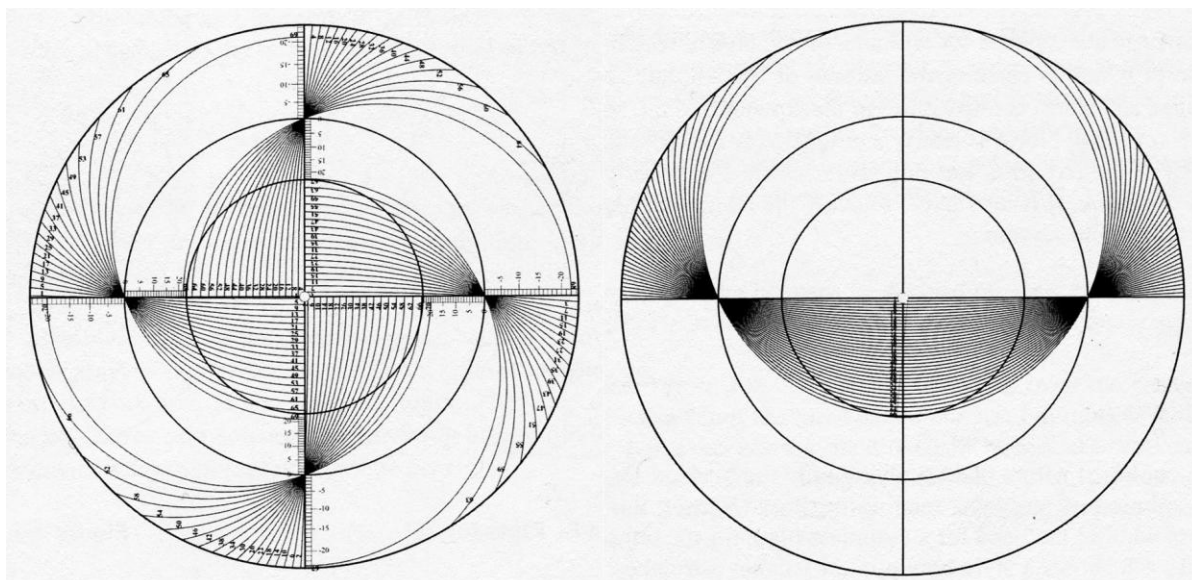


Рисунок 3.22 – Два варианта пластины горизонтов – обычный (справа) и с линиями, разнесенными на 4 сектора (слева)

Еще один тип пластин – для широты 90° (рисунок 3.23, нижняя часть). При этом круги высот соответствуют кругам склонений, а радиальные прямые линии азимутов могут представлять и линии часовых углов. С помощью такой пластины можно локализовать планеты и другие небесные объекты, не нанесенные на паук.

На пластине эклиптических координат, рассчитанной для широты $66,5^\circ$ ($90^\circ - \epsilon$), зенит будет соответствовать полюсу эклиптики, а линия горизонта – эклиптике. Такая пластина могла служить для контроля широт и долгот звезд на пауке, а также для перевода координат из экваториальных в эклиптические и обратно [Gibbs, Saliba, 1984, p. 52–53].

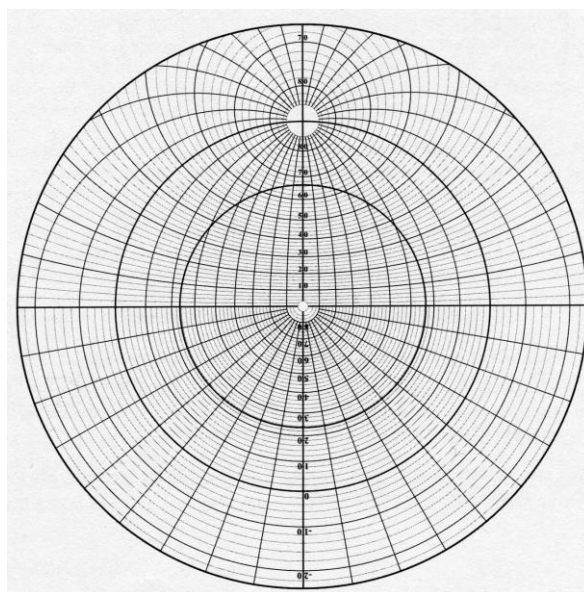


Рисунок 3.23 – Пластина для широты 0 градусов (верхняя половина) и широты 90 градусов (нижняя половина)

Перечисленные здесь пластины для широт 0° , 90° и $66,5^\circ$ были введены еще в X в. в Багдаде, а наиболее ранний пример их применения – это астролябия ал-Ходжанди (ок. 940 – ок. 1000) [King, 2005, p. 940].

3.4 Круговые и линейные шкалы: лимб, линейка и алидада

Все без исключения астролябии имеют круговую шкалу на лимбе инструмента, как с лицевой, так и с оборотной стороны. Самые мелкие деления обычно соответствуют одному градусу. Каждые пять или десять градусов отмечены более длинным штрихом. Нумерация может идти от верхней точки по часовой стрелке в каждом квадранте до 90° , или от 0 до 360° . Градусы представляют собой стереографическую проекцию углов на экваторе инструмента. Так что они могут использоваться и для измерения прямых восхождений или часовых углов.

Зачастую градусная шкала дублируется часовой шкалой с нумерацией от 0 до 24 часов (или дважды до 12 часов), так что каждый час соответствует 15° на градусной шкале. Самые мелкие деления на временной шкале – это обычно 5-минутные. Более длинными штрихами выделяются 15-минутные промежутки времени.

Часы на европейских астролябиях нумеровались римскими цифрами, причем цифра IV чаще обозначалась как III, возможно, чтобы уравновесить цифру VIII, расположенную симметрично. На поздних европейских астролябиях часовая шкала выделена по сравнению с градусной, так как астролябия чаще использовалась для определения времени.

Линейка иногда размещалась на лицевой стороне астролябии и использовалась во вспомогательных целях – как указатель или для отсчитывания склонений небесных тел (не только звезд, имеющих на пауке).

Алидада служила не только для наблюдений, она выполняла ряд вспомогательных функций. Например, здесь могли присутствовать: шкала максимальных высот Солнца в полдень (рисунок 3.24 вверху) или шкала склонений (внизу) [Morrison, 2007, p. 118].

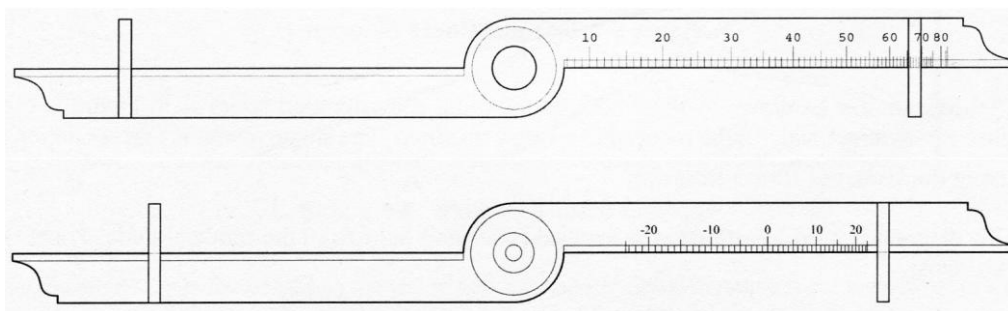


Рисунок 3.24 – Шкалы на алидаде

На алидадах арабских инструментов (рисунок Б.2 в Приложении Б) представлены еще две шкалы – шкала синусов, которая облегчала работу с одноименной шкалой на обороте астролябии, и шкала солнечных часов, в которых гномоном была планка визира. Предполагается, что в полдень Солнце проходит через зенит (это возможно только для мест с широтой до 23°), и каждый час смещается на 15° . Тогда часовые отметки вычисляются по формуле $h \cdot \operatorname{tg}(15 i)$, где h – высота гномона (в нашем случае, для московской астролябии, это 19 мм), i – номер часа после полудня [Charette, 2005, p. 214]. Так что соответствующие часовые линии должны отстоять от гномона (визира) на 5, 11, 19, 33 и 71 мм.

В реальности расстояния в два раза меньше – 3, 6, 10, 17, 38, то есть высота визира должна быть в два раза меньше, но пропорция подтверждает именно такое назначение шкалы. Для пользования такими импровизированными солнечными часами астролябия должна укладываться горизонтально, а соответствующий визир направляться в сторону Солнца. До полудня используют деления от 7 до 11 часов (в 6 часов утра, на восходе, тень выходила за пределы шкалы), после полудня – от 1 до 5. Часы такого типа использовались еще в Древнем Египте и восходят к эпохе Тутмоса III (XV в. до н. э.) [Neugebauer, 1960, p. 116–118].

3.5 Обратная сторона астролябии

Шкалы на оборотной стороне астролябии очень широко варьировались в зависимости от происхождения инструмента и времени его изготовления (рисунок 3.25). Единственный элемент, который обязательно должен был присутствовать здесь – это шкала для измерения высоты. Обычно она занимала верхнюю половину диска и была проградуирована от 0 на горизонтальном диаметре до 90° в верхней точке. Иногда так же была проградуирована и нижняя часть диска. Подразумевалось, что с помощью этой шкалы можно было измерить высоты Солнца или звезд, которые имелись на пауке, а также для измерения наземных объектов – удаленных вершин, башен, глубин колодцев и т. п. Другие часто встречаемые элементы оборота – зодиакальная и календарная шкалы, квадрат теней, шкала неравных часов.

Зодиакальная шкала повторяла деление окружности на 360° . Точка весеннего равноденствия – начало знака Овен – обычно располагалась на западной части диска, справа. Знаки шли в направлении против часовой стрелки.

Календарная шкала помогала определить долготу Солнца на заданную дату года. Часто (но далеко не всегда) центр календарной шкалы был смещен относительно центра инструмента для учета неравномерности движения Солнца по эклиптике. Смещение направлено к знаку Рака, где находится афелий земной орбиты. Величина смещения составляет удвоенное значение эксцентриситета “ e ” земной орбиты, т.е. $\Delta = 2e = 2 \cdot 0,01671 = 0,0334$, выраженное в

долях радиуса календарной шкалы. Например, при диаметре шкалы 200 мм, смещение составит 6,7 мм.

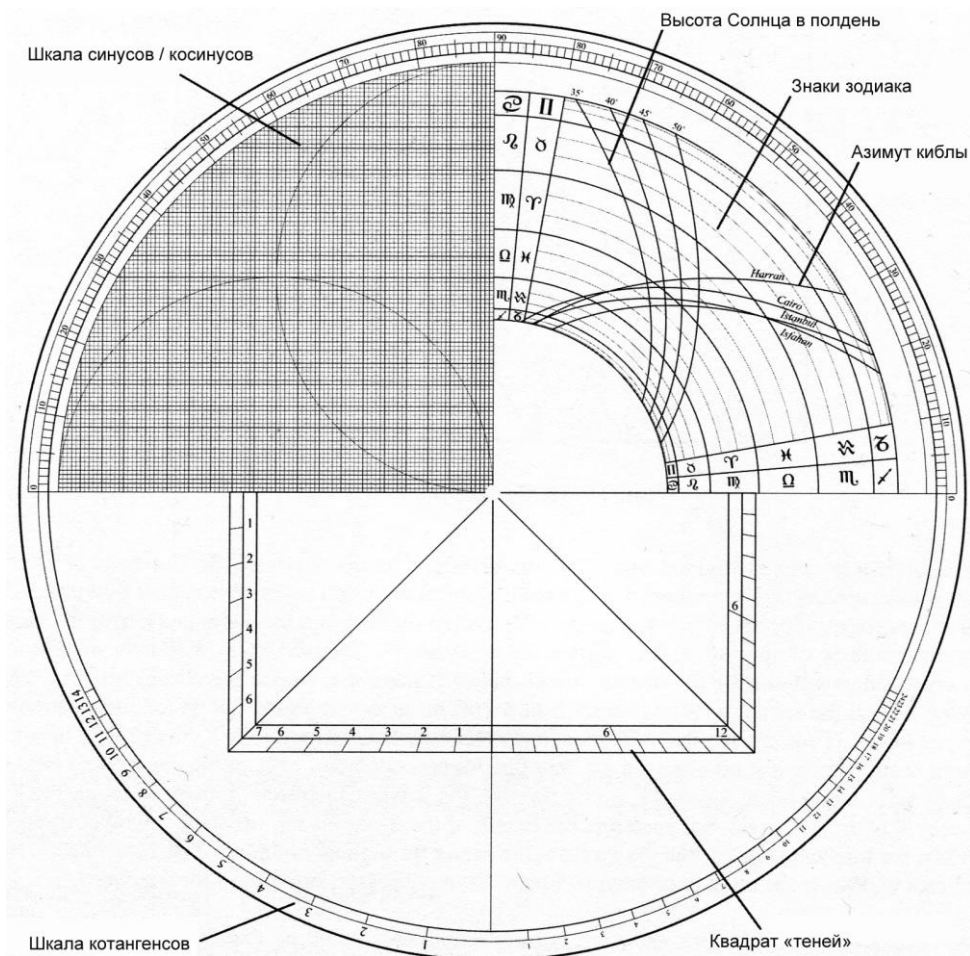


Рисунок 3.25 – Основные элементы оборотной стороны астрлябии

Для точного определения направления линии апсид можно использовать формулу для долготы перигелия (в градусах):

$$\pi = 102,937348 + 1,7195269 \cdot T + 0,00045962 \cdot T^2 + 0,000000499 \cdot T^3,$$

где T – время в столетиях от эпохи 2000.0. Поскольку нас интересует геоцентрические долготы, необходимо полученное значение изменить на 180° . Для вычисления значения эксцентриситета на нужную эпоху служит формула

$$e = 0,01670862 - 0,000042037 \cdot T - 0,0000001236 \cdot T^2 \text{ [Morrison, 2007, p. 112].}$$

Ориентация календарной шкалы обычно определялась датой весеннего равноденствия, которая совпадает с началом знака Овен. Трудность нанесения этой шкалы заключается в том, что 360-градусную окружность необходимо разбить на 365 делений, соответствующих дням. На наиболее старых астрлябиях эта операция выполнялась на глазок, за счет умень-

шения длины делений на одном ограниченном участке шкалы. Иногда в феврале присутствовало 29 делений для учета високосного года.

Квадрат теней использовался при решении различных геометрических задач на местности. В нем присутствовали две перпендикулярные друг другу шкалы, которые представляли собой тень от вертикального и горизонтального гномомов, откуда происходит название квадрата. Горизонтальная шкала *Umbra recta* (араб. *zill mabsūt, mustawī*) измеряет тень от вертикально стоящего гномона, длина которого принята за 1. Сама шкала делилась на 12 или на 7 частей (рисунок 3.26). Такое деление шкалы соответственно на «стопы» (араб. *aqdām*) или «пальцы» (араб. *aṣābiʿ*) происходит из Древней Греции, когда фигура человека (или его палец) служила гномоном, а тень измерялась стопами (или теми же пальцами). [Gibbs, Saliba, 1984, p. 31]. Отсчет по шкале дает котангенс угла, равного высоте наблюдаемого объекта. И наоборот, вертикальная шкала *Umbra versa* (араб. *zill maʿkūs*) показывает тень от горизонтального (стенного) гномона и дает тангенс угла.

Левая половина квадрата чаще делилась на 12 частей и называлась «пальцами», а правая – на 7 частей и называлась «стопами». Пользователь мог выбрать одну из этих двух шкал в зависимости от высоты наблюдаемого объекта (до 45° или более). Иногда на астрлябии оставалась только половина квадрата, и этого было вполне достаточно для вычислений. Пример использования шкалы приведен в разделе 5.4.

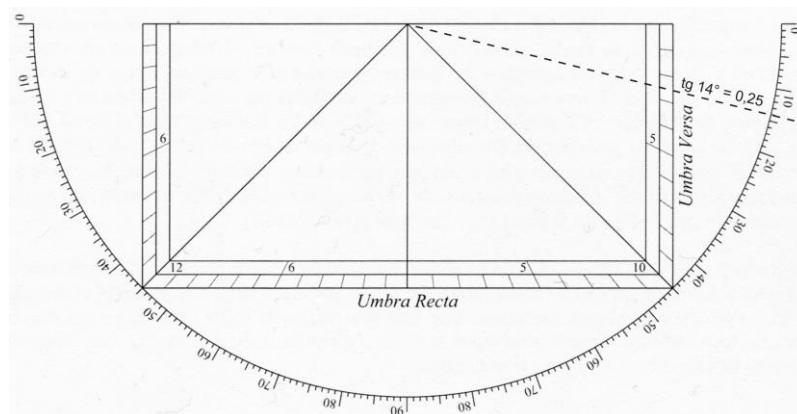


Рисунок 3.26 – Квадрат теней. Слева двенадцатеричная шкала (пальцы), справа – десятичная (чаще встречалась семеричная). Пример отсчета: $\text{tg } 14^\circ = 2,5 \text{ деления} / 10 = 0,25$

Кроме квадрата теней время от времени встречаются другие шкалы подобного назначения. Самая простая – это шкала теней, впервые встречающаяся на астрлябии IX в. ал-Хорезми. Эта линейная шкала является моделью гномона на вертикальной стене. На рисунке 3.27 [Dorn, 1865, p. 116] приведены четыре варианта таких шкал: половина квадрата теней

справа внизу, линейная шкала слева, диагональная шкала в правой нижней половине астролябии и шкала в виде четверти круга на лимбе инструмента внизу справа.

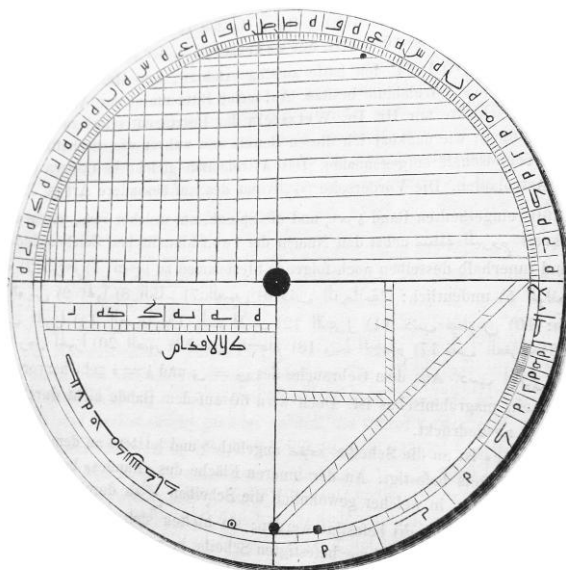


Рисунок 3.27 – Четыре вида шкал для вычислительных целей: линейная (слева ниже центра), диагональная, круговая и, собственно, сам квадрат теней (в правом нижнем квадранте)

Шкала неравных (сезонных) часов впервые встречается на обороте астролябий из Багдада IX в. Она основана на изменении высоты Солнца в течение дня. Время определяется достаточно просто, но для этого нужно знать максимальную высоту Солнца в текущий день. Эта высота может быть измерена непосредственно в полдень или вычислена по формуле $h = 90 - \varphi + \delta$. После этого алидада устанавливается на максимальную высоту Солнца. Полдень – это 6 часов от момента восхода. Необходимо отметить на алидаде (на любой имеющейся там шкале) точку, где она пересекает линию 6-го часа. После этого алидада опускается до текущего значения высоты Солнца, а отмеченная точка последовательно проходит часовые линии, пока не укажет на нужный час. В примере (рисунок 3.28) показан случай, когда максимальная высота Солнца составляет 57 градусов, а текущая 33 градуса. Точка 1 с помощью алидады перемещается в положение 2 и показывает 9-й неравный час.

Данная шкала по своей функции дублирует шкалу неравных часов на тимпане (см. раздел 3.3). Принцип ее построения достаточно прост. Кривые пересекают шкалу высот через каждые 15 градусов и сходятся в центре диска.

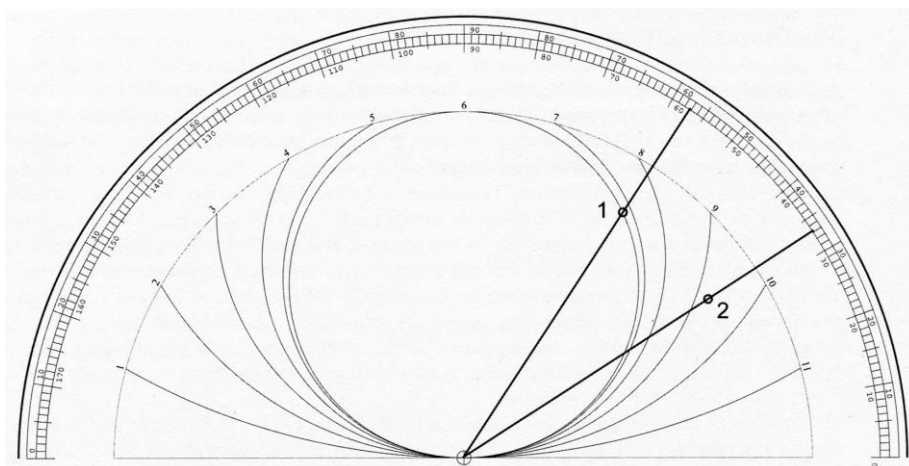


Рисунок 3.28 – Пример использования линий неравных часов

На рисунке 3.29 показан пример построения i -й кривой неравного часа для случая $i = 3$. Центр кривой с радиусом R_i лежит в вершине равнобедренного треугольника и находится на меридиане. Угол при основании этого треугольника равен $(90 - 15i)$, так что после решения треугольника получим $R_i = R / (2 \sin 15i)$, где R – радиус ограничивающего круга [Morrison, 2007, p. 119–120].

Точность определения времени с помощью такой шкалы снижалась с увеличением широты места и склонения Солнца [Morrison, 2007, p. 219–220].

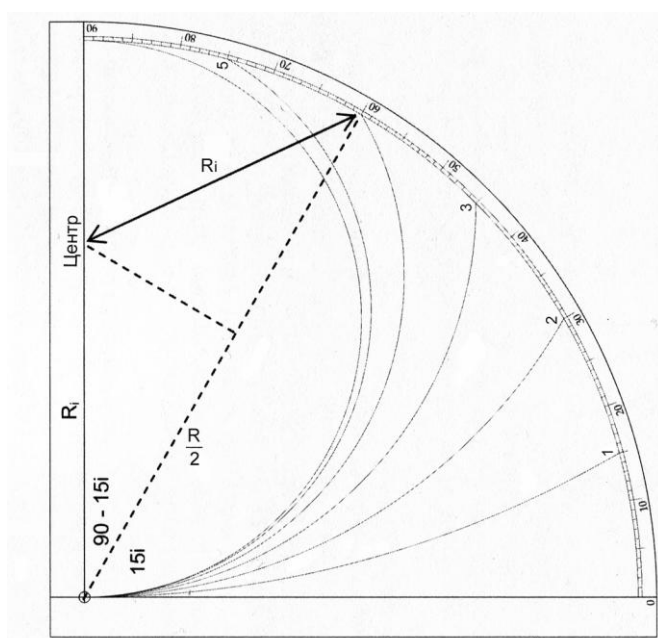


Рисунок 3.29 – Построение линий неравных часов

Линии равных часов. Вместо шкалы неравных часов на поздних европейских астролябиях могла присутствовать шкала равных часов или шкала для перехода от старого счета

времени к более современному, согласованному с башенными часами, появившимися в городах. Шкала равных часов зависела от широты места и потому не могла быть такой же универсальной, как неравные часы. Чаще встречались переходные варианты шкалы, как на рисунке 3.30. Римскими цифрами обозначены неравные часы, арабскими – равные. Целью этой шкалы было найти соответствие между двумя системами счета времени. Для пользования ею необходимо было знать время захода (или восхода) Солнца на текущую дату.

Например, найдем равный час, соответствующий окончанию 9-го неравного часа в день, когда Солнце заходит в 7:00 вечера. На рисунке 3.30 прямая линия с точкой 1 обозначает алидаду. Эта точка 1 соответствует 7 часам по нижней шкале. Алидада направлена на 9-й неравный час (по внешней шкале), а точка показывает время около 3:30 после полудня.

Второй пример. Найдем неравный час, соответствующий 2:00 после полудня (в системе равных часов) в день, когда Солнце заходит в 5:00 после полудня. Линия, отмеченная точкой 2, указывает на отсчет около половины девятого неравного часа.

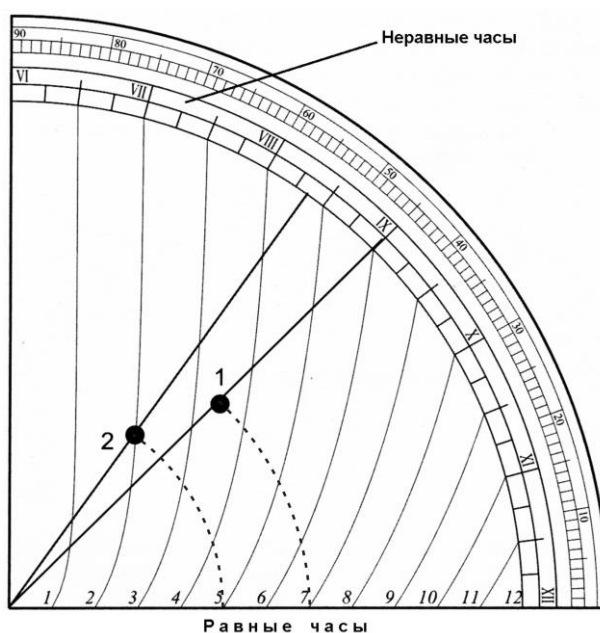


Рисунок 3.30 – Пример пересчета времени

Шкалы для пересчета между двумя системами времени. Принцип построения таких шкал следующий. Обе системы счета времени имеют один общий момент – полдень. Это шесть часов в системе неравных промежутков времени и 12 (или 0) часов в системе равных часов. Далее до времени захода Солнца проходит 6 часов в системе неравных часов и какое-то количество, в зависимости от времени года, часов в системе равномерного времени. Если E – время захода Солнца в системе равных часов, то число равных часов в каждом неравном будет $E/6$. Рассмотрим теперь рисунок 3.31.

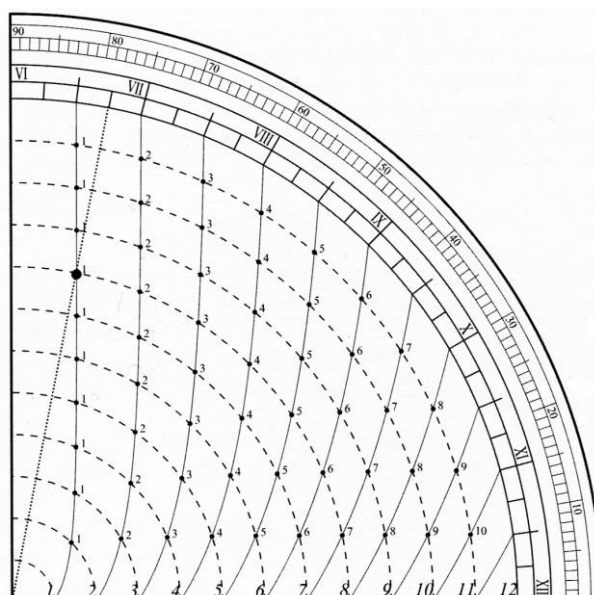


Рисунок 3.31 – Нанесение линий для пересчета времени

Деления внизу представляют собой шкалу равных часов – это 12 часов от полудня до полуночи. От этих делений проведены штриховыми линиями дуги окружностей. Каждая дуга разделена на число делений, соответствующее ее часу.

Например, дуга под номером 8 разделена на 8 частей. В день, когда Солнце заходит в 8 вечера, один час равномерного времени (жирная точка на прямой) соответствует примерно $\frac{3}{4}$ сезонного часа.

Шкалы зодиакальных знаков, киблы, максимальной высоты Солнца. Некоторые восточные астролябии имеют на обороте в правом верхнем квадранте целый набор шкал – зодиакальные дуги, максимальные высоты Солнца для разных широт, направления на киблу (рисунок 3.32).

Начнем со **шкалы зодиакальных знаков**. Эти дуги представляют собой номограмму движения Солнца в течение года. Каждая дуга – это круг склонения, пересекающий соответствующий знак зодиака. Так, во время зимнего солнцестояния склонение Солнца имеет максимальную отрицательную величину, этому положению соответствует самая большая дуга, дальняя от центра инструмента, она отмечена знаками Козерога и Стрельца (справа внизу на рисунок 3.32). В данном варианте построения дуг, линии вблизи точек солнцестояний идут очень близко друг к другу. Поэтому иногда используется другой вариант нанесения зодиакальных дуг – они распределены равномерно, на равном расстоянии друг от друга.

Линии максимальной высоты Солнца в полдень, проведенные поверх зодиакальных дуг, позволяют легко проследить изменение высоты Солнца в течение всего года. Для решения указанной задачи, необходимо определить долготу Солнца на заданную дату и найти пе-

ресечение соответствующей зодиакальной дуги с кривой нужной широты. Далее через эту точку с помощью алидады проводят прямую линию, которая и показывает финальный отсчет на лимбе.

Третий набор кривых в этом квадранте – это набор линий, помогающих определить **киблу** – направление на священную для мусульман Каабу в Мекке. Существование этого набора линий вызван актуальностью для мусульман вопроса – в каком направлении совершать намаз.

Кибла могла определяться двумя способами. Во-первых, на многих астролябиях на дне корпуса присутствовал географический справочник (*gazetteers*), в котором было собрано несколько десятков наиболее популярных городов прошлого. Вместе с широтой и долготой города обычно приводилась и кибла.

Математически задача сводится к решению треугольника на сфере, у которого известны две стороны и угол между ними. Уравнения для вычисления киблы были известны еще в IX в. На современном языке это так называемая обратная геодезическая задача, которая заключается в нахождении дирекционного угла линии, соединяющей два пункта с известными координатами. На рисунок 3.33 точка 1 – это положение произвольного пункта с координатами φ , λ , а точка 2 – это Кааба (φ_K , λ_K). Современные координаты Каабы: $\varphi_K = 21^\circ 25' 24''$ северной широты и $\lambda_K = 39^\circ 49' 24''$ восточной долготы. Тогда стороны $a = (90 - \varphi)$, $c = (90 - \varphi_K)$, угол при полюсе $\beta = (\lambda_K - \lambda)$, угол A – это азимут искомого направления на Каабу, отсчитываемый от точки севера по направлению часовой стрелки, то есть кибла q .

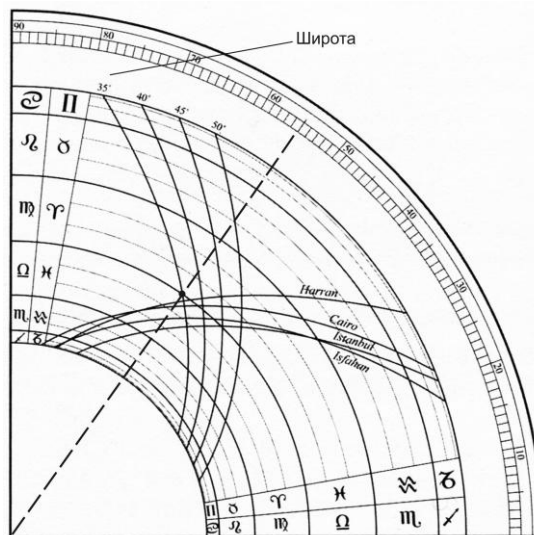


Рисунок 3.32 – Некоторые часто применяемые элементы астролябии – шкала зодиакальных знаков, линии максимальной высоты Солнца, линии киблы (подписаны города). Штриховой линией показан пример определения максимальной высоты Солнца (55°) на широте 35° в день весеннего равноденствия

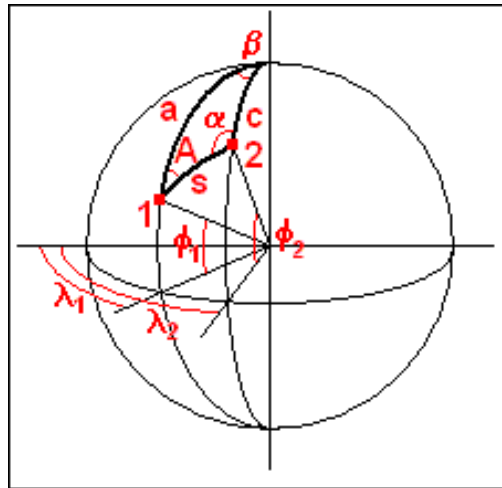


Рисунок 3.33 – Сферический треугольник, используемый при нахождении киблы

В сферическом треугольнике известны две стороны и угол между ними. Для решения необходимо использовать теорему косинусов. Но ученые стран ислама этой теоремы не знали. Они использовали метод ортогонального проецирования сферы на одну из трех координатных плоскостей (метод «Аналеммы») [Куртик, Матвиевская, 1998а, с. 441], либо с помощью разбиения исходного треугольника на два прямоугольных, либо приближенными методами. Два метода ал-Бируни, например, подробно описаны в книге об ал-Хазини [Рожанская, 1991, с. 41–43].

В современных учебниках данная задача называется обратной геодезической задачей, то есть задачей нахождения азимута направления q с одной точку на другую, если известны сферические координаты обеих точек – φ , λ и φ_K , λ_K . Решается она следующим образом:

$$\operatorname{tg} q = \sin (\lambda_K - \lambda) / [\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_K - \sin \varphi \cdot \cos (\lambda_K - \lambda)].$$

Второй способ не требует измерения азимута, так как астролябия была менее пригодна для измерения горизонтальных углов. Достаточно было знать высоту Солнца в тот момент, когда оно находится в направлении на Каабу. Для любого фиксированного пункта эта высота будет разной в течение года. На рисунке 3.32 показаны кривые четырех городов – Исфахана, Стамбула, Каира и Харрана (ныне турецкий город на границе с Сирией). В Стамбуле и Каире, расположенных западнее Мекки, Солнце должно наблюдаться утром, в Исфахане – после обеда, а Харран лежит вблизи меридиана Мекки, так что наблюдать Солнце необходимо вблизи полудня. Стандартное уравнение для поиска высоты Солнца h следующее:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin h - \cos \varphi \cdot \cos h \cdot \cos A,$$

где A – азимут от точки юга. Однако уравнение не может быть решено в явном виде. Английский математик, который изобрел квадрант, названный его именем, Эдмунд Гюнтер в

1624 г. смог обойти эту проблему [Morrison, 2007, p. 141–142]. Для данного, заранее вычисленного по координатам азимута A , вычисляется высота Солнца, когда его склонение равно нулю, то есть оно находится на экваторе: $\operatorname{tg} h_0 = \cos A / \operatorname{tg} \varphi$. Затем вычисляется дополнительная высота a над экватором, используя фактическое склонение: $\sin a = \cos h_0 \cdot \sin \delta / \sin \varphi$. После этого высота Солнца определяется как

$$h = a + h_0 \text{ (для } A < 90^\circ\text{);}$$

$$h = a - h_0 \text{ (для } A > 90^\circ\text{).}$$

Вычисленные значения наносятся на график и аппроксимируют кривой. С достаточной степенью точности можно вычислить три точки этой кривой – для тропиков и для экватора, а затем аппроксимировать кривую дугой окружности.

Шкала синусов / косинусов (араб. *jayb mankūs / jayb mabsūt*). Многие исламские астролябии имеют в верхней левой части обратной стороны астролябии шкалу для решения тригонометрических задач. Эта шкала известна по крайней мере с IX в., со времен ал-Хорезми, а широкое распространение получила в начале XII в. Принцип действия ее достаточно прост. Если установить алидаду на заданный угол, то по вертикальной оси можно считать синус этого угла, а по горизонтальной – косинус.

Количество линий на шкале, по длине равной радиусу инструмента, часто равнялось 60 (хотя встречались 100 и 150). Деление на 60 частей происходит из Древней Греции, где полный диаметр принимался за 120 частей. Об этом говорит, например, Птолемей в Альмагесте (I.10) – «О величинах прямых в круге» [Птолемей, 1998, с. 16]. Соответственно, и значение функции выражалось в долях полного радиуса. Часто каждая 5-я или 10-я линии выделялись для облегчения счета линий. Кроме того, для упрощения вычислений использовалась алидада, на которой могла наноситься шкала синусов (как это, например, сделано на московской астролябии – см. рисунок 15.2 в Приложении А).

Шкала синусов занимала целый квадрант, иногда, для экономии места, поверх нее размещались другие элементы, например круги неравных часов, дополнительные дуги и радиусы для решения уравнений типа $R \cdot \sin a$.

Первоначальное назначение шкалы синусов заключалось в решении выражений вида $\sin A = \sin b / \sin B$. Такое уравнение встречается, например, при определении неравного часа с помощью выражения для часового угла Солнца $\sin 15T = \sin h / \sin H$, где h – измеренная высота Солнца, H – максимальная высота в полдень. Уравнение с тремя синусами является частным случаем «правила четырех величин», если одна из сторон равна 90° . Данное правило, хотя и базируется на соотношениях греческого математика Менелая Александрийского

(ок. 100 г. н. э.), можно отнести к собственным достижениям арабских авторов, прежде всего Сабита ибн-Корры [Матвиевская, 2012, с. 81–85].

На рисунке 3.34 показан пример для Каира в день весеннего равноденствия. Высота Солнца в полдень составляет 60° , текущая высота 38° . Отложив на алидаде значение $R = \sin H$, поворачиваем ее до тех пор, пока не встретим линию $y = \sin h$. Часовой угол Солнца найдем на продолжении этой же линии – 45° . Это означает, что текущее время – 3 часа от полудня, или 9 часов в системе неравных часов от восхода Солнца.

Подобным образом решается уравнение, связывающее долготу и склонение Солнца $\sin \lambda = \sin \delta / \sin \varepsilon$. Принцип понятен из рисунка 3.35.

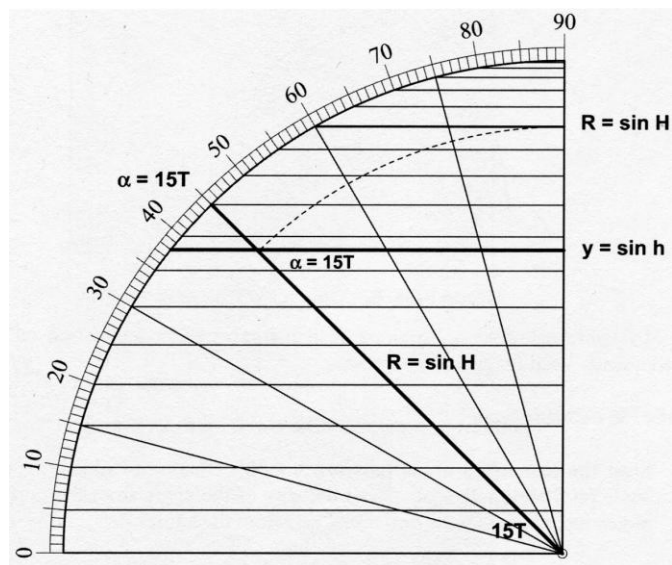


Рисунок 3.34 – Решение уравнения типа $\sin A = \sin b / \sin B$

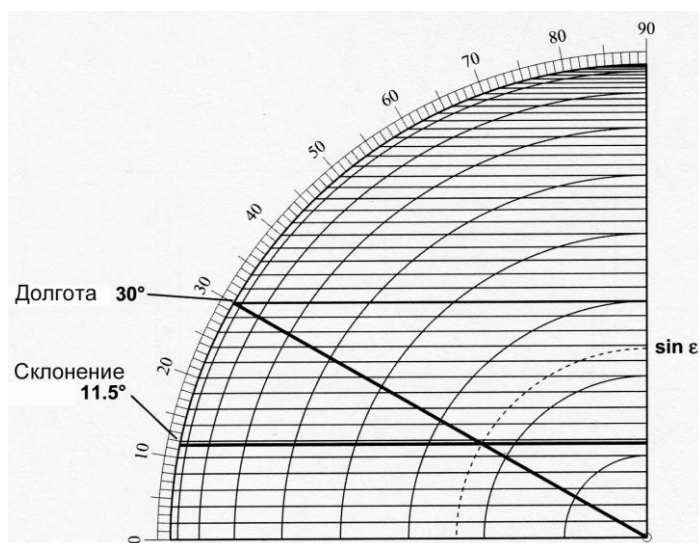


Рисунок 3.35 – Решение уравнения для долготы Солнца: $\sin \lambda = \sin \delta / \sin \varepsilon$

Астрологические шкалы. Многие из перечисленных ранее элементов астрологии могли использоваться в астрологических целях. Например, паук показывал кардинальные точки гороскопа – асцендент, десцендент, середину неба и основание неба. Линии «домов» на тимпане дополняли деление небесной сферы на астрологические «дома».

На обороте арабских астрологий встречались справочные астрологические таблицы, в которых перечислялись планеты, управляющие термами и деканами. Другой часто встречаемый астрологический элемент – таблица лунных стоянок. Эти 28 участков эклиптики показывали суточное движение Луны. Длина одной «стоянки» составляла $12^{\circ}51'25,7''$, так что две и $\frac{1}{3}$ стоянки составляют один зодиакальный знак. «Стоянка» ассоциировалась с какой-либо яркой звездой или группой звезд, их положение со временем смещалось из-за прецессии, так же как и зодиакальных знаков. Перечень стоянок дан в Приложении Б.

Перечисленные астрологические шкалы присутствуют на астрологиях №№ 1–4, 6–9, 11, описание которых дано в Приложении А.

3.6 Другие виды астрологий

Универсальная астрология. Принципиально новый тип астрологии был предложен в XI в. арабским ученым аз-Заркали из Кордовы (Испания) (см. раздел 2.5). Он изменил точку проецирования и получил универсальный инструмент, который мог использоваться на любой широте. Точка проецирования была перенесена из южного полюса мира в точку весеннего равноденствия. Плоскостью проецирования стал колпур солнцестояний – плоскость, проходящая через полюса небесной сферы и точки зимнего и летнего солнцестояний. В этом случае пользователь астрологии смотрит на небесную сферу сбоку и видит ее половину (рисунок 3.36).

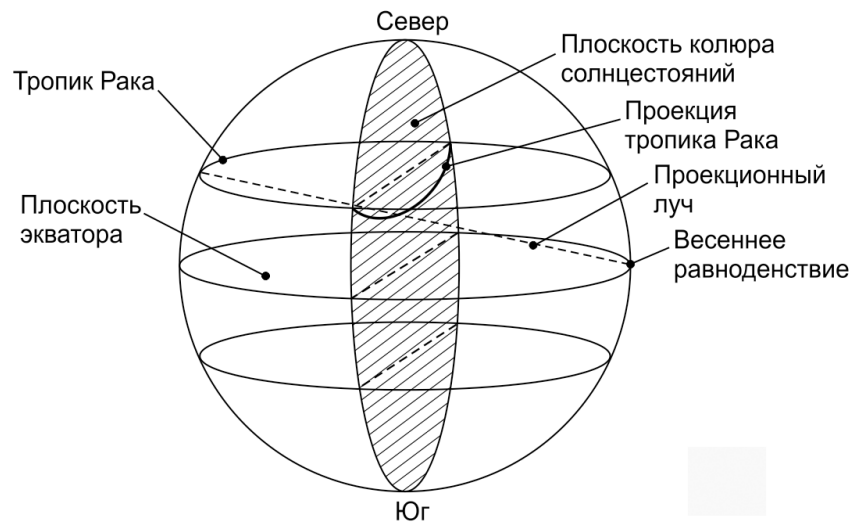


Рисунок 3.36 – Принцип проецирования в универсальной астрологии

Использование той же стереографической проекции позволяет сохранить круговую форму основных кругов – параллелей, кругов склонения, а эклиптика в данном случае видна сбоку, так что превращается в прямую линию (рисунок 3.37).

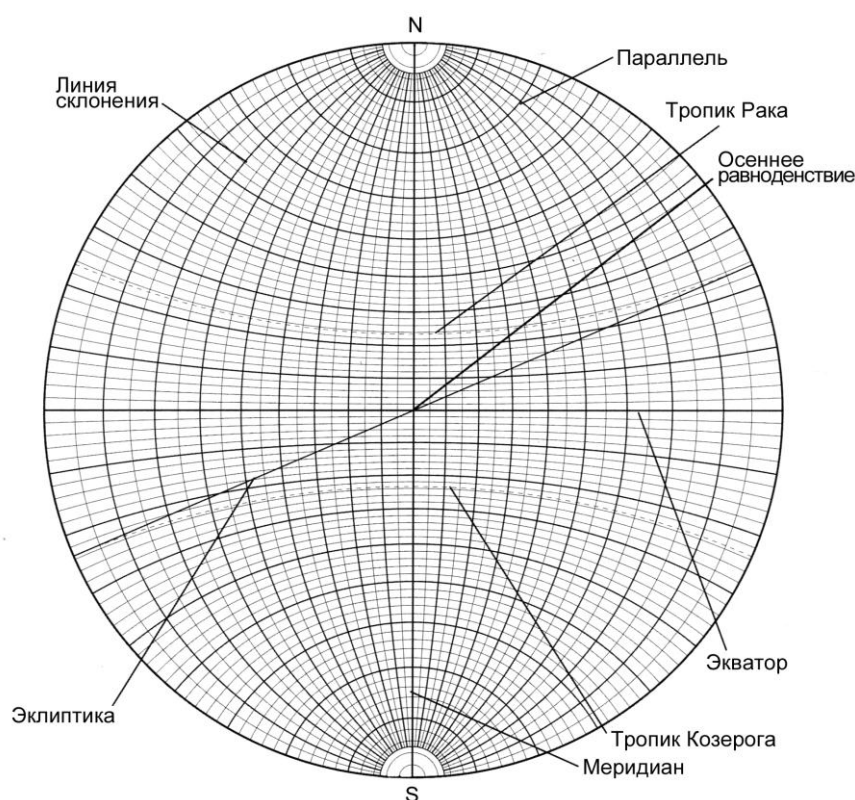


Рисунок 3.37 – Основные линии универсальной астрольбии (шакказии)

На этой координатной сетке, которая имеет арабское название «шакказия» (shakkaziya), наносятся звезды и другие элементы небесной сферы, теперь они, в отличие от классической астрольбии, неподвижны. Подвижным элементом в данной виде астрольбии является линейка, вращающаяся вокруг центра тимпана и называемая «наклонным горизонтом». К середине линейки прикреплен «палец» («брахиола» – лат. «малая рука»), состоящий из двух или трех суставов, соединенных шарнирами (рисунок 3.38), так что его указатель можно поместить в любую точку полусферы, а линейка с пальцем вращается как единое целое. Подразумевалось, что можно одновременно видеть и ближнюю и дальнюю полусферу. Звезды, находящиеся на ближней полусфере, обозначались звездочками со сплошной заливкой, а у звезд дальней полусферы был показан только контур. Другими словами, ближняя полусфера подразумевалась прозрачной, и пользователь мысленно мог представить, что он видит обе половины небесной сферы.

Линейка была разделена на градусы, нумерация начиналась от точки равноденствия, то есть от центра инструмента и шла до 360 градусов, как бы охватывая диаметр всей сферы. «Палец» на рисунке 3.38 имеет два сустава, каждый длиной в половину радиуса диска.

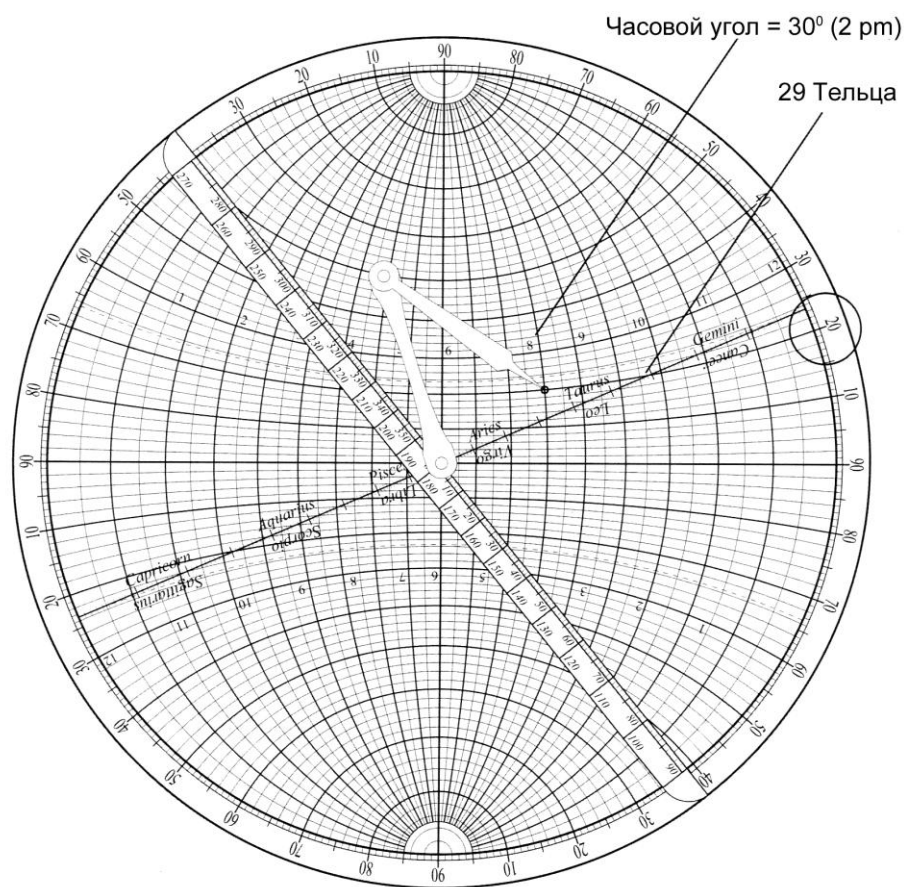


Рисунок 3.38 – Пример использования универсальной астролябии.

«Палец» указывает на точку пересечения линии склонения Солнца $+20^\circ$ и часового угла 30°

Линейка установлена на широту 38 градусов (отсчет на лимбе) и символизирует горизонт места. Указатель указывает на точку, имеющую склонение 20° и часовой угол 2 часа 00 мин. Точка эклиптики, имеющая такое же склонение, соответствует 29° Тельца. Солнце проходит эту точку 20 мая. В этот день Солнце проходит по данному кругу склонений от горизонта (восход в 4:50 am, отсчитываются по часовой шкале, идущей в верхней части диска вдоль параллели 60) до меридиана (правый край диска) в полдень и затем возвращается к горизонту (7:10 pm отсчитывается по нижней часовой шкале, идущей вдоль небесной параллели 30).

Изготовление пластины универсальной астролябии намного проще, чем у классической астролябии. Расстояние D любой точки от центра проекции может быть описано формулой, аналогичной формуле классической астролябии: $D = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha / 2)$, где α – угол, отсчи-

тываемый от равноденственной линии, то есть вертикального диаметра. Параллели обычно шли с шагом 2° . Изображение параллелей идентично нанесению линии горизонта на тимпане классической астролябии.

Если обозначить R – радиус пластины, β – широта или расстояние от экватора, c – расстояние центра окружности от центра диска, r – радиус круга данной параллели, то

$$c = R / \sin \beta; \quad r = R / \operatorname{tg} \beta.$$

Изображение полярных дуг. Эти дуги проходят через оба полюса и соответствующее значение долготы λ , отсчитываемое на экваторе (горизонтальном диаметре). Пересечение полярной дуги с экватором определяется расстоянием этой точки от центра диска $x = R \operatorname{tg} (\lambda / 2)$. Через полученную точку и оба полюса проводится соответствующая полярная дуга.

Сафия (сафиха) Арзахеля, как называли универсальную астролябию в Европе по имени аз-Заркали, выполняла все функции классической астролябии, к тому же не зависела от широты (подробнее см. раздел 2.5). Несмотря на такое преимущество, она не получила широкого распространения. Проблема в том, что линии у полюсов сближаются, так что точность вычислений здесь падала. Поэтому мастера не изготавливали сафию отдельно. На обратной стороне они, как правило, размещали хорошо известную пользователям классическую астролябию. Она была снабжена алидадой для измерения высот. Каждая сторона была оптимальной для своих задач. Примером такого инструмента может служить астролябия Гуалтеруса Арсениуса из коллекции Кунсткамеры [Ченакал, 1961, с. 289-296].

Сафия дожила до XX в. в виде стереографической сетки Вульфа, линии которой аналогичны линиям на поверхности универсальной астролябии. Любители астрономии с помощью этой сетки могли решить 16 типовых задач на пересчет координат и определение моментов восходов и заходов светил [Астрономический календарь, 1981, с. 182–197].

Ранее мы уже описали вариант сафии с подвижной накладной сеткой, так называемую «ламину» (см. рисунок 2.4).

Использование ортографической проекции при изготовлении астролябий. На закате эпохи астролябий в XVI в. голландец Хуан де Рохас отказался от классической стереографической проекции и предложил использовать ортографическую проекцию. В данном виде проецирования лучи идут из бесконечности параллельным пучком (рисунок 3.39). Также как и стереографическая проекция, ортографическая является частным видом перспективно-азимутальных проекций с негативным изображением [Вахрамеева и др., 1986, с. 87–88]. Проекция широко используется при создании технических чертежей, так как сохраняет линей-

ные размеры объекта, а также для карт Луны. При проецировании небесной сферы круги склонений превращаются в прямые линии, а меридианы – в полуэллипсы (рисунок 3.40).

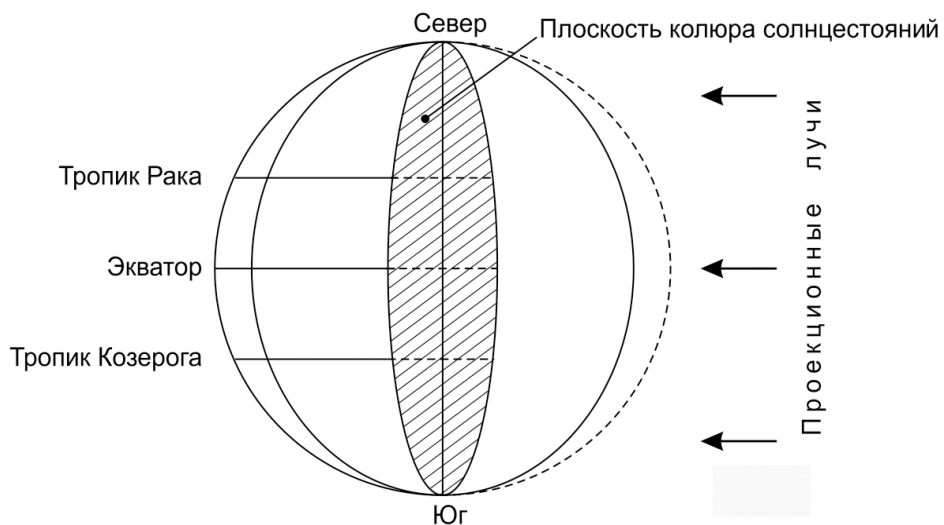


Рисунок 3.39 – Принцип ортографической проекции

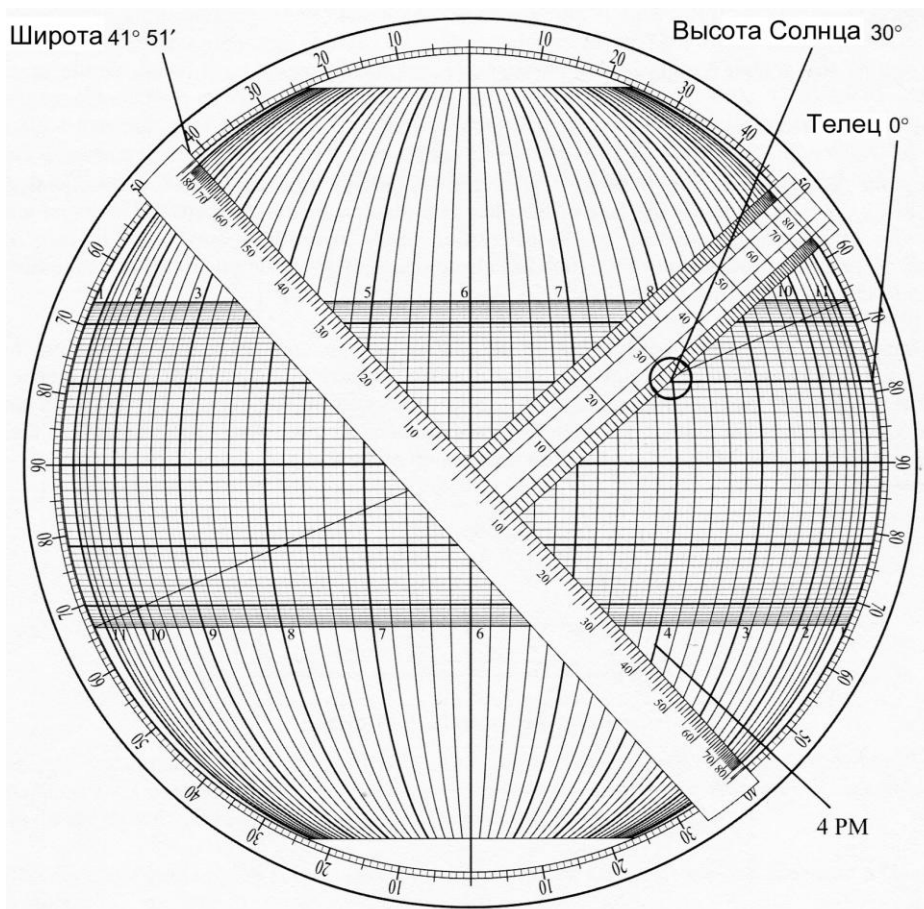


Рисунок 3.40 – Пример использования астролябии Рохаса

Если обратиться в прошлое, то корни этого вида проецирования можно найти у Птолемея в его труде «Аналемма» [Куртик, Матвиевская, 1998а, с. 441], затем под названием «цилиндрическая проекция» у ал-Бируни в XI в. и у ал-Маракуши в XIII в. [Таги-Заде, 1976, с. 183–184].

Математические соотношения в данной проекции достаточно просты. Рассмотрим произвольную точку на сфере. Точка находится на угловом расстоянии θ от плоскости экватора. Точка образует прямоугольный треугольник с гипотенузой, равной расстоянию r точки от центра диска. Расстояние точки от экватора выразится $r = R \cdot \sin \theta$. Ценность ортографической проекции для использования в астрологии заключается в том, что расстояние между любыми точками, разделенными расстоянием θ , будет равно $r \cdot \sin \theta$.

Рассмотрим изображение параллелей. Расстояние линии, соответствующей склонению δ , от центра инструмента составляет $y = R \cdot \sin \delta$, где R – радиус диска. Полярные дуги представляют из себя полуэллипсы, с большой полуосью R и малой $R \sin \alpha$, где α – значение прямого восхождения. Основная трудность при изготовлении астрологии Рохаса – начертить эллиптическую дугу на инструменте. Сам Рохас делал это путем вычисления множества точек, составляющих одну линию. В прямоугольной системе координат набор точек вычисляется по формулам: $x = R \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha$; $y = R \cdot \sin \delta$.

Особый вид проецирования в астрологии Филиппа де Ла Ира. Наиболее сложный вариант проецирования использовался в астрологии Филиппа де Ла Ира (Philippe de La Hire) (1640–1718), французского математика и астронома. Он попытался избавиться от основного недостатка универсальной астрологии – сближения линий и потери точности на полюсах. В качестве точки проецирования он взял точку на линии равноденствий, но находящуюся за пределами небесной сферы, так, чтобы проекция параллели со склонением 45° была на равном расстоянии от экватора и от полюса. В этом случае и круги склонений, и меридианы изображаются в виде дуг эллипсов (рисунок 3.41).

На рисунке 3.42 показана точка проецирования Н. Вертикальная ось представляет собой колор солнцестояний, который является проекционной плоскостью. По определению луч, идущий к параллели 45° , пересекает проекционную плоскость в точке Р, на половине радиуса небесной сферы. Найдем расстояние h точки Н от центра сферы:

$$h = R/2 \cdot \operatorname{ctg} \beta;$$

$$\operatorname{ctg} \beta = (R \cdot \cos 45^\circ) / (R \cdot \sin 45^\circ - R/2);$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 1 / \sqrt{2};$$

$$\operatorname{ctg} \beta = (R / \sqrt{2}) / (R / \sqrt{2} - R/2) = 2 / (2 - \sqrt{2}).$$

В результате

$$h = R / (2 - \sqrt{2}) \approx 1,7071 \cdot R = k R, \text{ где введен коэффициент } k = 1 / (2 - \sqrt{2}).$$

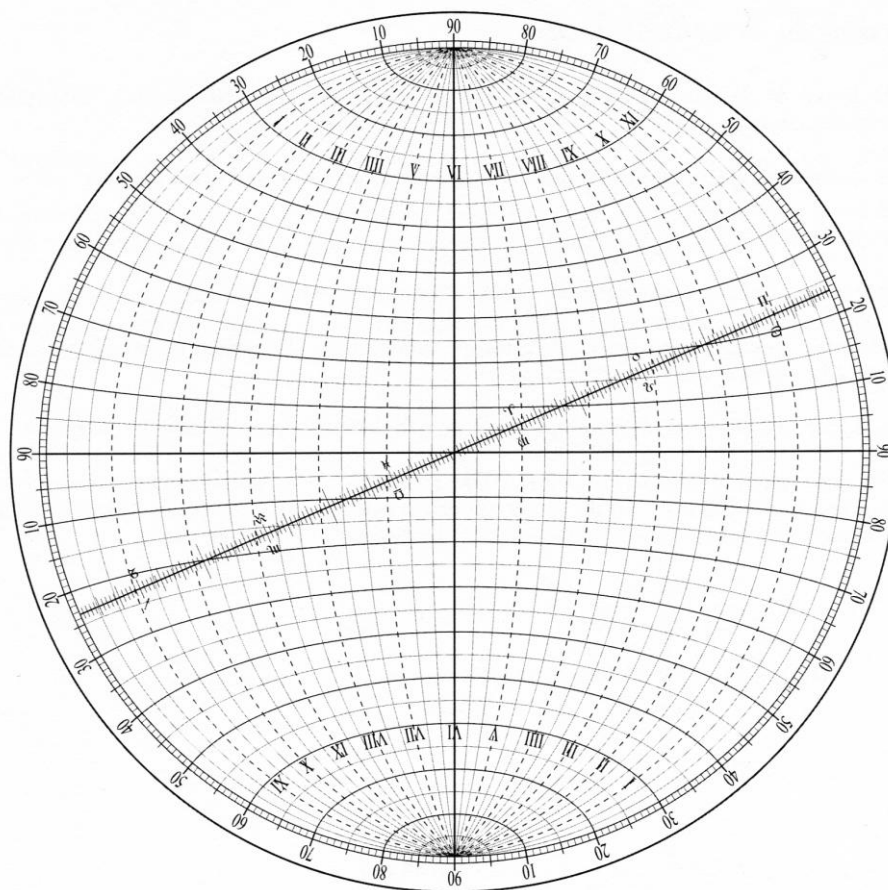


Рисунок 3.41 – Пластина астролябии Филиппа де Ла Ира

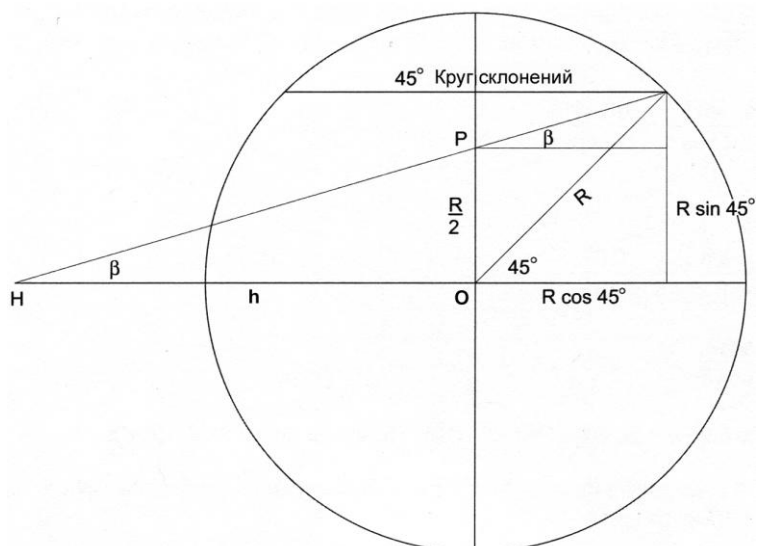


Рисунок 3.42 – Определение точки проецирования в проекции де Ла Ира

Параллели проецируются как эллипсы, которые обрезаны краями сферы. Необходимо определить центр эллипса и длины его двух осей. На рисунке 3.43 крайние точки круга склонений – это С и D. А точки С' и D' – это проекции этих точек, определяющие границы эллипса и его малую ось, равную $2b$.

Поскольку

$$\operatorname{tg} \beta = R \cdot \sin \delta / (k \cdot R + R \cdot \cos \delta) = OD' / (k \cdot R),$$

$$\operatorname{tg} \alpha = R \cdot \sin \delta / (k \cdot R - R \cdot \cos \delta) = OC' / (k \cdot R),$$

то $OD' = k \cdot R^2 \cdot \sin \delta / (k \cdot R + R \cos \delta) = k \cdot R \cdot \sin \delta / (k + \cos \delta),$

$$OC' = k \cdot R \cdot \sin \delta / (k - \cos \delta).$$

Малая ось эллипса равна $2b = C'D' = OC' - OD'$.

Центр эллипса расположен на расстоянии $OD' + b$ от центра.

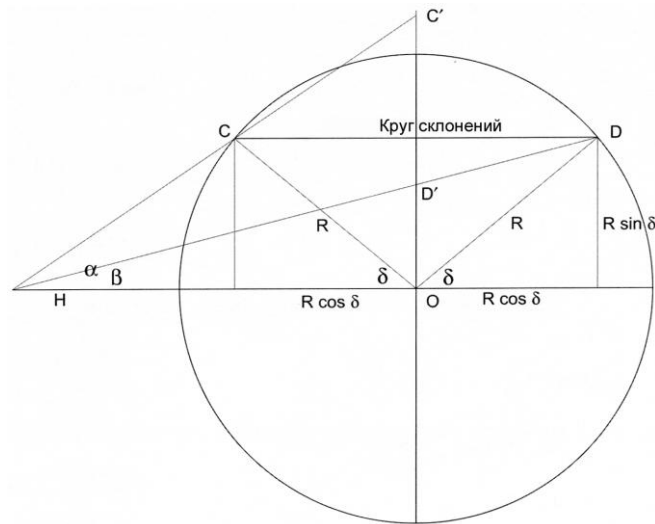


Рисунок 3.43 – Малая ось эллипса для произвольного круга склонений

Большая ось эллипса находится аналогично, но теперь необходимо смотреть на сферу сверху (рисунок 3.44). В этом случае мы найдем размер большой оси как функцию склонения. Точка A' – это проекция крайней точки эллипса, a – это большая полуось OA' .

$$\operatorname{tg} C = a / k;$$

$$\sin C = R \cdot \cos \delta / k = R \cdot \cos \delta / (k \cdot R).$$

В результате вычислений кругов склонений с шагом 10° получим рисунок 3.45.

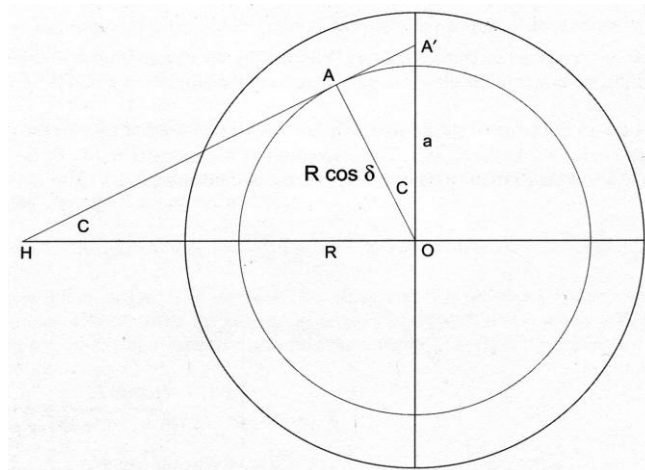


Рисунок 3.44 – Большая ось эллипса для произвольного круга склонений

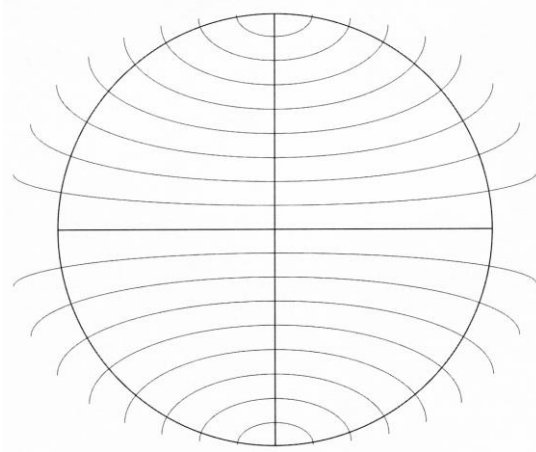


Рисунок 3.45 – Круги склонений в проекции де Ла Ира

Меридианы также изображаются эллипсами. Построения аналогичны кругам склонений. На рисунке 3.46 показаны вычисления для произвольного меридиана.

$$\operatorname{tg} \beta = R \cdot \sin \lambda / k \cdot R + R \cos \lambda,$$

$$OB' = k \cdot R \cdot \operatorname{tg} \beta = k \cdot R \cdot \sin \lambda / (k + \cos \lambda),$$

$$\text{Аналогично } OA' = k \cdot R \cdot \sin \lambda / (k - \cos \lambda).$$

$$\text{Малая полуось эллипса } b = (OA' + OB') / 2.$$

$$\text{Расстояние центра эллипса от центра диска } x = (OA' - OB') / 2.$$

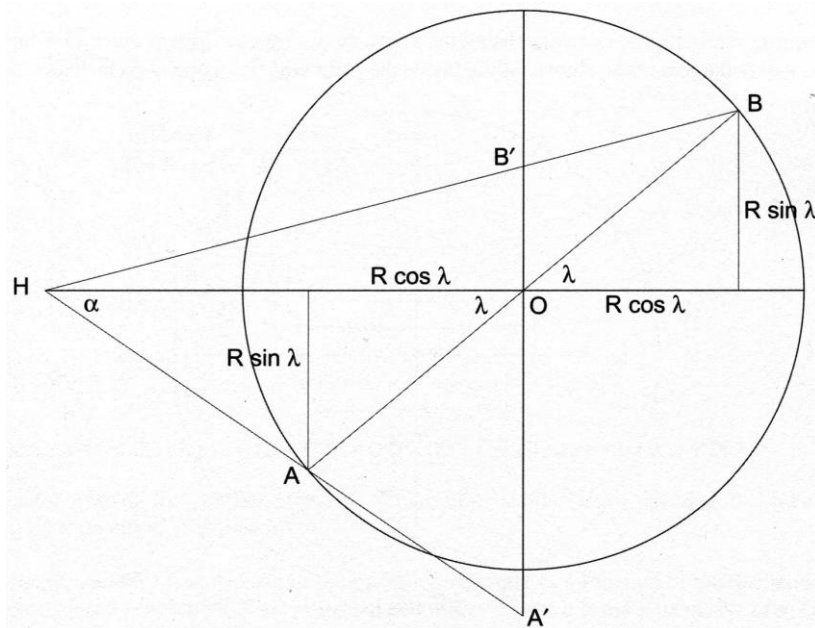


Рисунок 3.46 – Малая ось эллипса – меридиана

Для определения размера большой полуоси эллипса рассмотрим рисунок 3.47. Любой меридиан проходит через полюса N и S. Имеется два способа найти большую полуось a.

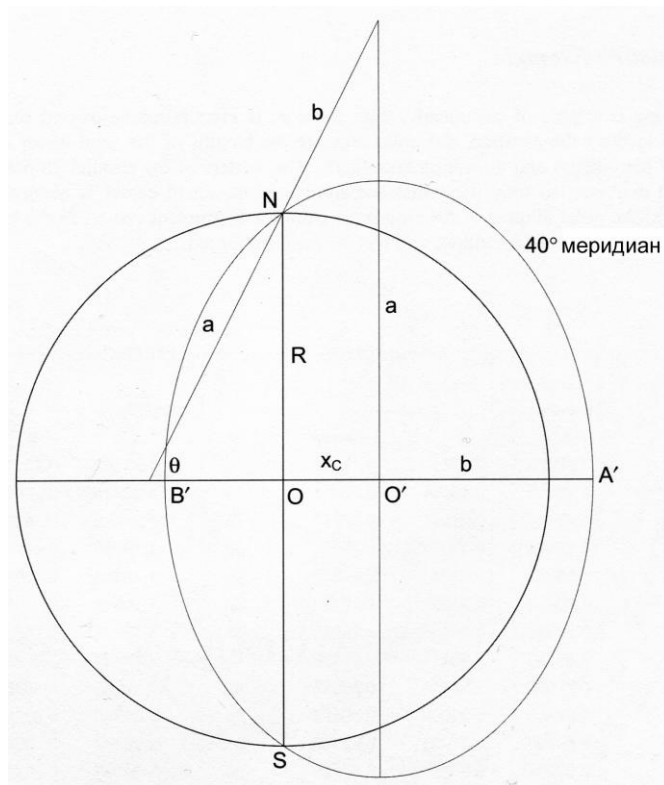


Рисунок 3.47 – Большая ось эллипса – меридиана

Рассмотрим сначала уравнение эллипса $x^2 / a^2 + y^2 / b^2 = 1$. Для всех меридианов точка, совпадающая с точкой северного полюса N, имеет координату $x = R$ и $y = x_c$. Решая уравнение эллипса относительно большой полуоси a , найдем

$$A = R \cdot b \cdot \sqrt{1 / (b^2 - x_c^2)}, \text{ где } \sqrt{} \text{ – квадратный корень.}$$

Таким образом, мы получили уравнения для нанесения всех кривых на диске астролябии де Ла Ира. Изготовлением таких астролябий занимался французский мастер Николас Био (1652–1733) по лекциям де Ла Ира. Это были астролябии из бумаги и картона, так что сохранился только один экземпляр, который находится ныне в музее Гринвича [Van Cleemroel, 2005b, p. 197–201].

Варианты астролябий в странах ислама. Ученые стран ислама много усилий приложили для того, чтобы изобрести новые формы астролябий. Разные участки эклиптики проецировались из южного или северного полюса мира. Логично было северные знаки зодиака, лежащие выше экватора, проецировать из южного полюса, остальные – из северного [Тагизаде, 1975, с. 185–190].

Наиболее простая комбинация двух видов проекций была названа миртообразной (араб. *āsī*). Звезды на такой решетке (рисунок 3.48) наносились либо со сплошной заливкой (для проекции из южного полюса, то есть на северной астролябии), либо контуром (для южной астролябии). Инструмент был более сложен для понимания, имел соответствующую

пластину – тимпан (рисунок 3.49), но имел важное преимущество перед классической астролябией – более высокую точность.

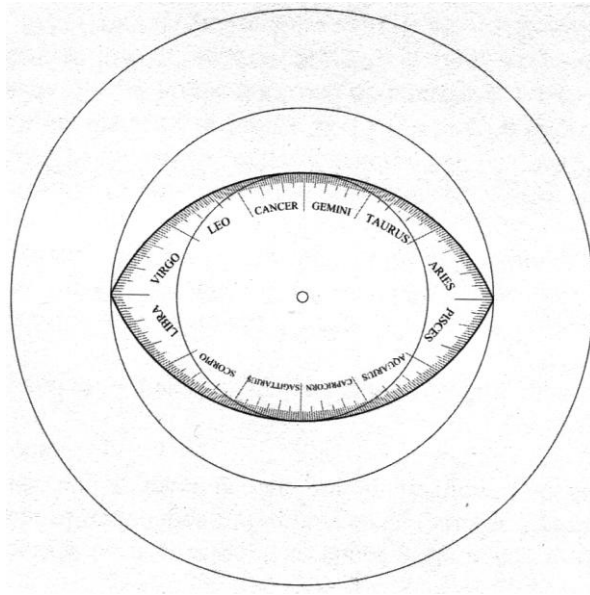


Рисунок 3.48 – Решетка в миртообразной астролябии

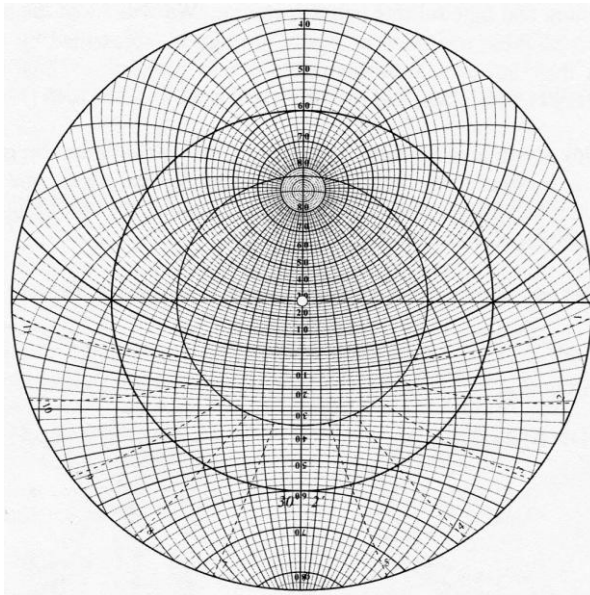


Рисунок 3.49 – Пластина для миртообразной астролябии для широты Каира.

Круги высот продолжаются и ниже горизонта [Morrison, 2007, p. 295]

Такая астролябия была известна и в Европе, она была названа именем бельгийского мастера Одо ван Малькота (1572–1614), который подробно описал ее. Известен только один такой инструмент [Morrison, 2007, p. 281].

Но арабские ученые не остановились на миртообразной астролябии, а принялись изобретать все новые комбинации проекций. Дело дошло до того, что разные знаки зодиака проецировались из разных полюсов. Это дало большое разнообразие форм. На рисунке 3.50 в

качестве примера приведены только четыре из возможных 118 вариантов [Morrison, 2007, p. 296].

Ал-Бируни в «Книге об исчерпании возможных способов конструирования астрольбии» пишет об этих проекциях достаточно восторженно: *«Теперь я добавлю указания на то, что применяется из комбинаций северных и южных астрольбий. Я утверждаю, что нахожусь прекрасным этот способ, применяющийся при конструировании астрольбии, являющейся для меня [одной] из самых необходимых вещей»* [Вахабов, 1989, с. 72].

Несмотря на большое разнообразие форм, вычерчивать эти проекции достаточно просто. Все вычисления достаточно сделать для обычной проекции из южного полюса. При проецировании какого-либо знака зодиака из точки севера, необходимо взять данные противоположного знака зодиака, расположенного на расстоянии 180° от него.

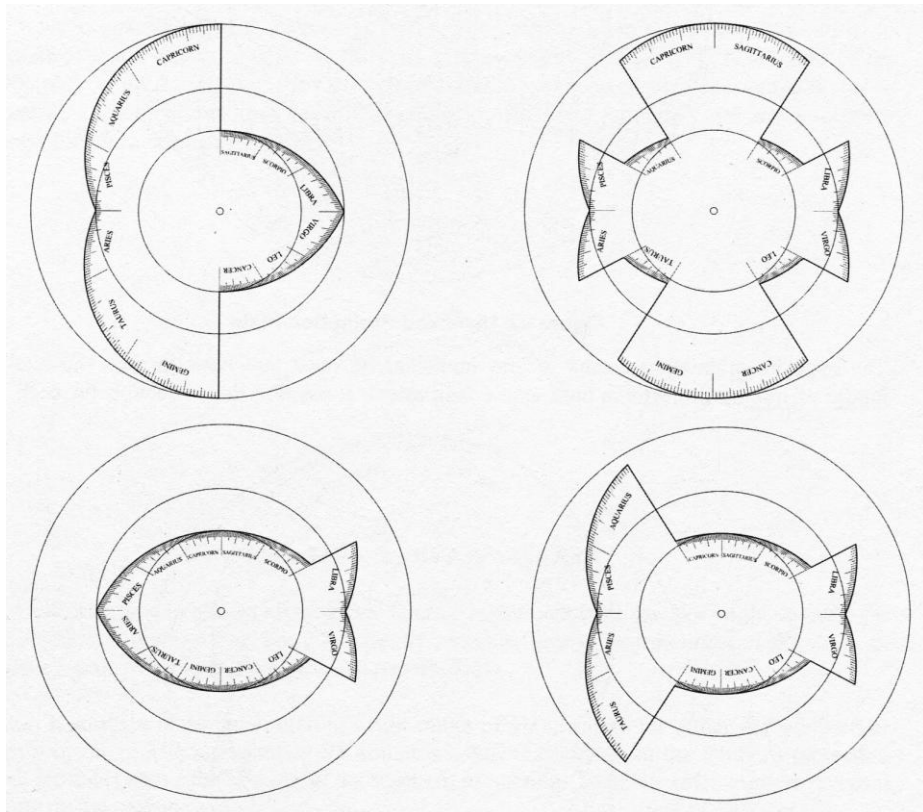


Рисунок 3.50 – Исламские варианты астрольбий: «рак», «раковина», «рыба», «кувшин»

Пластина, изображенная на рисунке 3.51, может использоваться с решеткой любой формы. Например, при использовании решетки «рак» (араб. *sarāfānī*) (на рисунке 3.52 сверху слева), когда рассматриваются знаки от Овна до Близнецов, пластина должна быть ориентирована для проецирования из северного полюса, а когда Солнце в знаках от Рака до Девы, пластина поворачивается на соответствующий угол. Если пластина ориентирована корректно, положение Солнца на эклиптике совмещается с нужным альмукантаратом и задача (например, определения времени) решается обычным способом.

Это относительно простое решение не удовлетворило средневековых мастеров на пути к совершенствованию. Была придумана специальная пластина для проекции «краб» (рисунок 3.51). Она может работать при построении проекции как из южного, так и северного полюса.

В трактатах встречаются многочисленные вариации пластин для различных типов решеток. Еще два примера приводится в книге Моррисона [Morrison, 2007, p. 298–299], который вслед за Мишелем [Michel, 1976] говорит о более теоретических, чем практических упражнениях арабских авторов с такими проекциями.

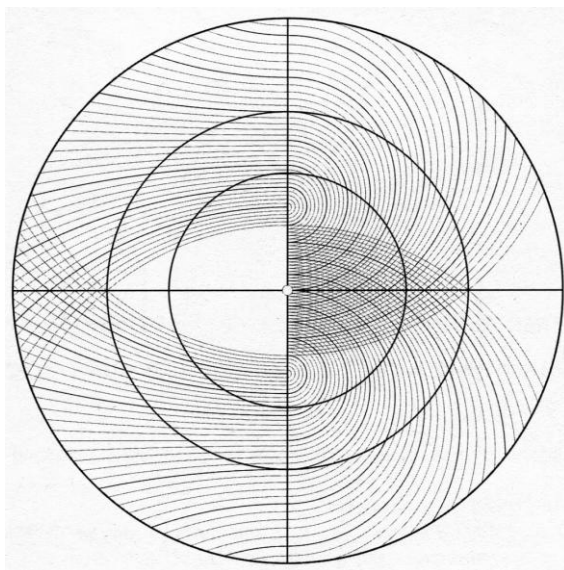


Рисунок 3.51 – Пластина для проекции «краб», рассчитана для широты 40°

3.7 Инструменты с функционалом астролябии

Ближними родственниками планисферной астролябии являются: сферическая, линейная, морская, геодезическая астролябии, а также квадрант. Наиболее сложная из этого списка **сферическая астролябия** была очень редка, до нашего времени сохранились всего два экземпляра, из которых только один полный 1480/81 г. (Музей истории науки, Оксфорд). Одна из таких астролябий описана ар-Рудани в XVII в. [Большакова и др., 1983].

Существовал еще один инструмент, который использовал стереографическую проекцию, и в котором роль проекционной плоскости выполняла плоскость горизонта. Соответственно, точкой проецирования являлся надир. Такой инструмент можно назвать усложненным вариантом солнечных часов, так как именно определение времени являлось его основным предназначением. Вариант такого инструмента описал немецкий мастер Георг Хартман в 1527 году, он назвал его «компаст» (compast) [Morrison, 2007, p. 267–272]. Гораздо раньше,

еще в IX в., описание таких часов для широты Багдада встречается в трактате ал-Хорезми «Построение часов на плоскости солнечных часов» [Розенфельд, Хайретдинова, 1994, с. 70].

На закате эпохи астролябий в XVI–XVIII вв. появились ее упрощенные варианты. **Морская астролябия** была предназначена исключительно в целях навигации для определения высот светил во время плавания. В российских музеях нет ни одной морской астролябии, отсутствуют и публикации о ней.

Геодезическая астролябия получила подставку и заняла горизонтальное положение для измерения главным образом горизонтальных углов при межевании земель. Ее совершенствование продолжалось вплоть до XIX в. [Новокшанова (Соколовская), 1969, с. 162–163]. Краткая история геодезической астролябии описана в раздел 2.7.

Линейная астролябия была максимально упрощенной версией классического инструмента, которую легко воспроизвести (рисунок 3.52) [Таги-Заде, 1975, с. 198–202]. Она состояла из линейки, прикрепленных к ней нитей и отвеса. Такая астролябия не давала достаточной точности и, к тому же, не являлась предметом искусства, а потому не была желанным для обладания предметом. Так что до нашего времени они не сохранились. Д. Кинг считает, что такая астролябия была известна в Андалусии, но в Европу она не была передана [King, 2005, p. 69].

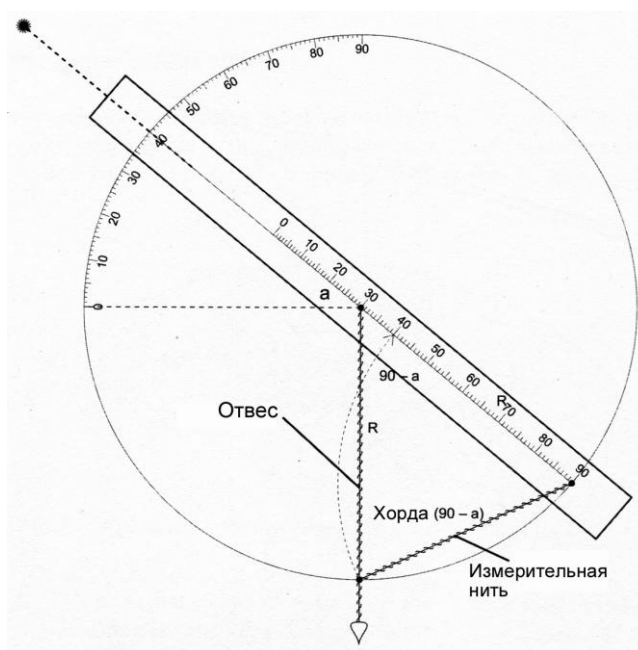


Рисунок 3.52 – Линейная астролябия ат-Туси

Бируни в своей «Книге об исчерпании возможных способов конструирования астролябии» со ссылкой на ас-Саджизи описывает челнообразную астролябию, которая является усовершенствованным вариантом линейной астролябии и паук принимает форму креста [Таги-Заде, 1975, с. 190–191].

Квадрант. На протяжении всей истории астролябии были распространены квадранты, которые позволяли воспроизводить практически все функции основного инструмента, но при этом были компактнее и легче классической астролябии и, соответственно, дешевле. Эти потребительские качества с успехом компенсировали небольшую потерю точности. Квадрант имел в 4 раза меньшую поверхность по сравнению с астролябией такого же радиуса, поэтому плотность информации на нем соответственно была выше, в чем можно убедиться по рисунку 3.53. Для измерения высот использовались визиры и нить с отвесом. Произвести измерения с помощью этого инструмента было сложнее, чем с астролябией, поэтому точность в два-три градуса считалась приемлемой.

Имелось много разновидностей квадрантов, отличающихся внешним видом и функционалом [Таги-Заде, 1976]. Не вдаваясь в детальное рассмотрение данного вида инструментов, кратко перечислим некоторые из них [King, 2005, p. 71]:

1) тригонометрический квадрант для решения задач тригонометрии, вытекающих из сферической астрономии, в частности, синус-квадрант;

2) хорарный квадрант для определения времени по измерению высот небесных светил, в Европе это так называемый *quadrans vetus*;

3) квадрант-*шакказия* для решения задач сферической астрономии для любой широты;

4) квадранты, происходящие от астролябии, в частности, *quadrantus novus* Профация Иудея (ок. 1150 – ок. 1230), жившего на юге Франции (см. рисунок 3.53); такой квадрант получался после того, как полная астролябия мысленно складывалась два раза; тригонометрическая функция versin , шкала которой расположена между визирами, это синус-верзус или «обращенный синус», ранее широко применявшийся, он определяется следующим образом: $\text{versin } \theta = 1 - \cos \theta = 2 \sin^2 (\theta/2)$ [Morrison, 2007, p. 235–238].

XVII в. дал миру новые разновидности квадрантов, предложенные Эдмундом Гюнтером в 1623 г. и Генри Саттоном в 1659 г., на закате «золотого века» астролябий [Morrison, 2007, p. 239–264].

Арабские квадранты достаточно полно описаны английским ученым Вильямом Морли [Morley, 1860].

В данной главе, самой обширной в диссертации, изложены теоретические основы построения многочисленных элементов астролябии по единому принципу планиферного проецирования. Наряду с теорией описаны также некоторые практические приемы, применявшиеся мастерами при изготовлении инструментов. Изложенные методы дают возможность оценивать конкретные инструменты и конкретных мастеров, т.е. измерять отклонение реальных линий на инструменте от их теоретических положений. Иногда, как в случае с тимпанами московской астролябии (см. А.9) такие отклонения видны невооруженным глазом.

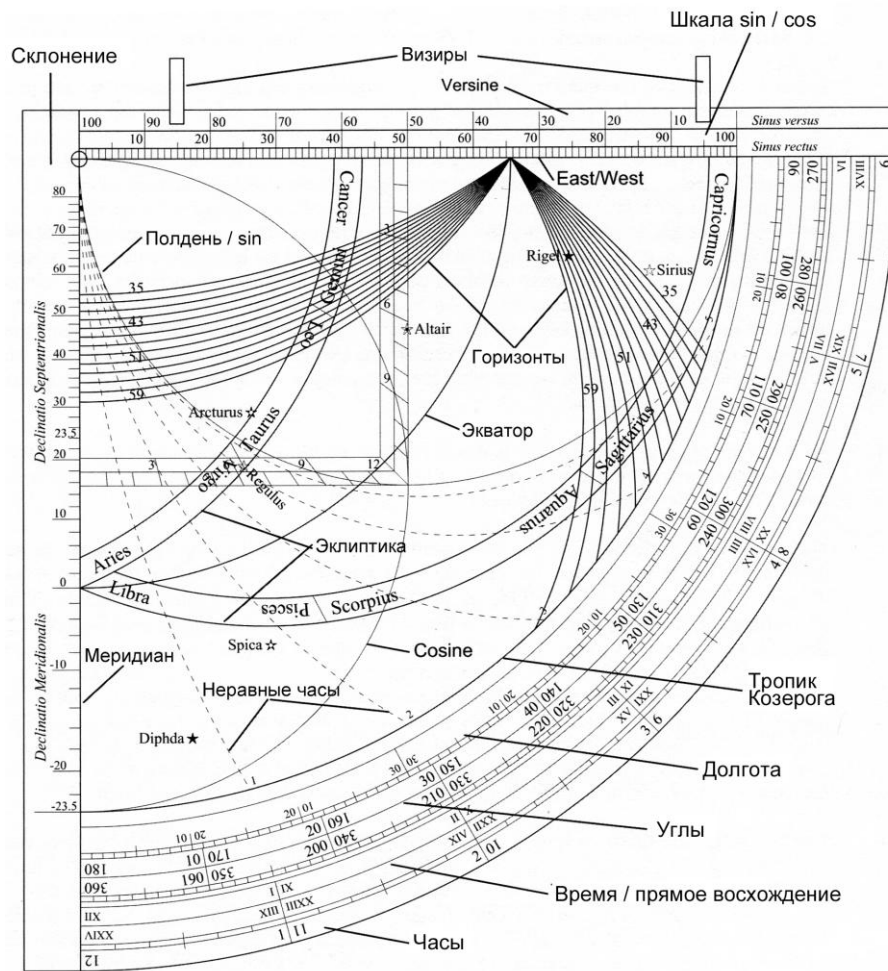


Рисунок 3.53 – Основные шкалы и линии *quadrantus novus*

Таким образом, в данной главе мы решили одну из задач, поставленных во Введении, а именно – сделали оценку уровня математических знаний в различные эпохи, а также вывели критерии для оценки качества изготовления как инструментов в целом, так и их отдельных элементов.

В заключение отметим, что такого полного обзора теоретических аспектов астролябии нет не только в исследованиях на русском языке, но и в зарубежных работах.

ГЛАВА 4

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСТРОЛЯБИИ

В данной главе рассмотрим источники информации, на основе которой арабские и европейские мастера изготавливали астролябии. В арабском мире были широко распространены так называемые зиджи – сборники преимущественно астрономических сведений. Подробное описание структуры таких зиджей дал Эдвард Кеннеди [Kennedy, 1956], оценив их общее количество в 220. Состав большинства зиджей был стандартным: хронологические таблицы, тригонометрические функции, функции сферической астрономии, уравнение времени, таблицы движения планет, затмения, астрологические таблицы. Для мастеров особенно важны были звездные и географические таблицы. Их мы и рассмотрим более детально.

Рассмотрим также вычислительную процедуру, разработанную в ходе подготовки диссертации и предназначенную для перевычисления звездных координат из одной координатной системы в другую и приведения их к нужной эпохе. Такая процедура помогает оценить качество координат, содержащихся в письменных источниках прошлого, а также качество работы мастера, изготовившего конкретную астролябию.

4.1 Звездные каталоги и списки звезд

При изготовлении астролябий мастера использовали адаптированные для практической работы списки звезд. Паук астролябии не мог содержать более 30–40 звезд (при диаметре астролябии до 15–25 см), так как при увеличении числа звезд становилось труднее работать с сеткой линий на тимпане, находившимся под пауком. Именно столько звезд должен был содержать «хороший» зидж. Если звезд в списке было значительно больше, мастер вынужден был самостоятельно отбирать нужное количество, что требовало соответствующей квалификации. Вторая проблема для мастера-практика заключалась в том, что эклиптические координаты, приводимые в больших каталогах, неудобны для работы. Необходимы были так называемые рабочие координаты – склонение и медиация.

Основой большинства Средневековых списков был **звездный каталог**, составленный в 127 г. н. э. **Клавдием Птолемеем**. Ученый жил в Александрии, центре эллинистической науки, находившемся в дельте Нила на широте $31^{\circ}12'$. Благодаря такому положению в каталог попали некоторые звезды, которые не видны на широте Греции и других более северных стран. В общей сложности Птолемей зафиксировал местоположения 1025 звезд [Куртик и

др., 1998b, с. 575], которые традиционно называл «неподвижными», он привел их эклиптические координаты и оценки блеска в звездных величинах. Каталог являлся частью обширного астрономического труда – «Альмагеста» и стал своего рода стандартом, на основе которого более тысячи лет компоновались другие списки звезд.

Классическими стали и набор звезд, и их координаты – эклиптические широты и долготы. Судя по значениям координат, отсчеты производились с точностью до $\frac{1}{6}$ доли градуса. Как известно, долготы звезд в каталоге Птолемея имели систематическую ошибку – они были на 1 градус меньше истинных значений [Шевченко, 1988, с. 174]. Случайные ошибки долгот (после вычета систематической части) и широт звезд составляют от 15' до 30' [там же, с. 183; Verbunt, van Gent, 2012, p. 1]. Вопрос, который до сих пор не решен однозначно, и который может быть важным в рамках диссертации – какие опорные звезды использовал Птолемей при определении координат. Ниже мы рассмотрим список 30 звезд Птолемея из его работы «Фазы неподвижных звезд», которые могут претендовать на такую роль.

В своей работе Птолемей столкнулся с тем, что из-за явления прецессии (открытой еще Гиппархом) долготы звезд непрерывно увеличиваются, в то время как широты остаются неизменными. Эту же проблему вынуждены были решать и последователи великого грека. Сам Птолемей вслед за Гиппархом считал, что смещения звезд происходят со скоростью 1° за 100 лет (в реальности – 1° за 72 года). Позднее арабские астрономы определили постоянную прецессии в 1° за 66 лет (уже во времена ал-Мамуна в первой трети IX в.). Были и другие значения, в том числе модель неравномерного движения, так называемая теория трепидации (восходит к Теону Александрийскому, IV в. н. э.) [Куртик, 1984; 1986].

Лишь спустя восемь веков каталог Птолемея получил дальнейшее развитие. **Абд ар-Рахман ас-Суфи** (903–986), живший в Персии, написал на арабском языке фундаментальную «Книгу созвездий неподвижных звезд», в которую был включен с минимальными изменениями и каталог звезд на основе птолемеевского, пересчитанный на эпоху 964 г. Долготы звезд были увеличены на $12^\circ 42'$ относительно долгот Птолемея.

Каталог ас-Суфи в 1250 г. перевел на персидский язык азербайджанский ученый и создатель астрономической обсерватории в Мараге (север Ирана) Насир ад-Дин ат-Туси (1201–1274). Отметим также две важные работы, выполненные учеными центральной Азии. Во-первых, это каталог **Абу Райхана ал-Бируни** (973–1048) на эпоху 1030 г., помещенный в «Каноне Масуда». Бируни написал эту работу в городе Газни (ныне Афганистан, широта $33^\circ 33'$) и использовал те же звезды, что и ас-Суфи [Звездный каталог аль-Бируни..., 1962, с. 92–150]. Во-вторых, это каталог **Улугбека** (1394–1449) на эпоху 1437 г., который можно назвать вершиной арабской звездной астрономии. Считается, что Улугбек сам измерил долготы и широты многих звезд, возможно около 900 из них, как отмечает американский иссле-

дователь Э. Б. Нобл в издании каталога 1917 г. [Матвиевская, Соколовская, 1997, с. 53]. Поправку за прецессию ($+19^{\circ}41'$) он применил только к тем звездам, которые не смог наблюдать сам, в том числе к 27 звездам, которые не видны из Самарканда (широта $39^{\circ}39'$ – на 4° севернее местоположения ас-Суфи и на $8,5^{\circ}$ севернее Александрии, где наблюдал Птолемей). Исследование точности звездных положений показало, что ошибки долгот и широт составляют в среднем около $20'$ против $25'$ у Птолемея [Verbunt, van Gent, p.1]. И хотя прогресс за 13 веков не впечатляет (всего на 20% точнее), но является еще одним доказательством того, что Улугбек сам проводил наблюдения.

В Европу знания о звездах были переданы через арабскую часть Испании. В числе первых переводов с арабского на латинский был «Альмагест» Птолемея (ок. 1160) и Толедские таблицы (немного позже), а Альфонсовы таблицы, пришедшие им на смену, были первоначально написаны на кастильском диалекте испанского языка (между 1252–1270), а затем переведены на латинский (ок. 1320).

Рассмотрим, как и кем формировались **короткие звездные таблицы** и списки. Самая ранняя из известных нам работ, в которой можно обнаружить такой список – книга «Фазы неподвижных звезд» – принадлежит все тому же Клавдию Птолемею. Он выбрал 30 звезд для предсказания погоды на основе наблюдения дат синодических явлений [Куртик, Матвиевская, 1998а, с. 440–441].

На длительном временном промежутке между античностью и арабами сохранилась работа, в которой список Птолемея был воспроизведен с небольшими изменениями. Это рукопись неизвестного автора, которая была написана в Риме в 379 г. н. э. К перечню звезд добавлены три новые звезды, не упоминавшиеся в «Фазах» Птолемея: Алголь (β Персея), Денебола (δ Льва), Маркаб (α Пегаса). Для сохранения общего количества звезд в списке неизвестный автор пожертвовал Капеллой, Канопусом и α Весов [Anonymous of 379, 1993, p. 23-24]. Если с Канопусом все понятно – он не виден из Рима (широта города 42° , а склонение Канопуса – 52°), то причина исключения Капеллы – одной из самых ярких звезд – труднообъяснима.

Списки IX–X вв., составленные при ал-Мамуне (829–830 г., 24 звезды) [Kunitzsch, 1986, с. 120–121], ал-Фергани (856–857 г., 25 звезд) [Розенфельд, Сергеева, 1998, с. 63–66], ал-Хасибом (916–917 г., 30 звезд) [Kunitzsch, 1986, p. 118] и ас-Суфи (920-е г., 30 звезд) [Kunitzsch, 1990, p. 156] по своему составу перекликаются с выборкой звезд Птолемея.

Об этом говорят, например, четыре южные звезды Птолемея, которые находятся за пределами тропика Козерога и по этой причине не могут быть нанесены на паук астроблики. Тем не менее, эти звезды продолжали использоваться арабскими астрономами до ас-Суфи (и встретятся еще раз в списке бен Хийя XII в. [Goldstein, 1985, p. 185–199]). Второй маркер,

указывающий на корреляцию этих списков – наличие двух второстепенных звезд – α Стрельца и звезда ϵ/δ в поясе Ориона. В последующем эти звезды не встречаются.

Данный факт был установлен автором диссертации по результатам анализа этих списков и ранее не отмечался исследователями.

Список Хабаша ал-Хасиба (дословно Хабаш-«вычислитель») (ум. между 869–894 гг.) ранее не публиковался. Копия XIII в. списка, приписываемого Хабашу ал-Хасибу, хранится в отделе восточных рукописей берлинской государственной библиотеки (Ahlwardt no. 5750) и находится в электронном доступе (см. рисунок 4.1). Дешифровка координат звезд этого списка в связи с имеющимися неоднозначностями написания арабских чисел в системе «абджадии» подкреплялась перевычислением так называемых вторичных или вспомогательных координат и сравнением с другими списками IX в., в частности, со списком ал-Фергани [Масликов, 2014b].

Рисунок 4.1 – Страница из рукописи XIII в. со списком звезд Хабаша ал-Хасиба. Показаны значения координат, полученные в результате дешифровки. Справа налево - название звезды, долгота, широта, склонение, медиация

Поскольку результаты дешифровки списка звезд ал-Хасиба полностью не были опубликованы (только тезисы), приведем их здесь. В табл. 4.1 – результат перевода названий и отождествления звезд, в табл. 4.2 – собственно координаты. Первые 25 звезд совпадают со звездами ал-Фергани (долготы на $1^{\circ}02'$ больше).

Таблица 4.1 – Звезды из таблицы Хабаша ал-Хасиба

№	Таблица Хабаша	Транскрипция	Перевод	Современное имя	Обозначение
1		кафф аль-хадыб	окрашенная рука	Каф	β Cas
2		рас ал-гуль	голова чудовища	Алголь	β Per
3		кафф ал-джазма	ладонь прокажённой	Мирфак	α Per
4		ал-дабаран	задняя часть (чего-либо)	Альдебаран	α Tau
5		ридждль ал-джавза	нога сопряженного	Ригель	β Ori
6		сурра ал-джавза	средняя на поясе	Альнилам	ϵ Ori
7		йад ал-джавза	рука сопряженного	Бетельгейзе	α Ori
8		ал-аййук	щеголь	Капелла	α Aur
9		ал-йаманийя	йеменский [сириус]	Сириус	α CMa
10		аш-шамийя	сирийский [сириус]	Процион	α CMi
11		кальб ал-асад	сердце льва	Регул	α Leo
12		аль-азал	безоружный	Спика	α Vir
13		ар-рамах	копыносец	Арктур	α Boo
14		аль-факка	разорванный [круг], чаша	Гемма	α CrB
15		кальб аль-акраб	сердце скорпиона	Антарес	α Sco
16		рас аль-хавва	голова заклинателя змей	Расальхаг	α Oph
17		ан-наسر ал-ваки	падающий орёл	Вега	α Lyr
18		ан-наسر ат-таир	летающий орёл	Альтаир	α Aql
19		ал-редеф	позади (хвост)	Денеб	α Cyg
20		манкиб ал-фарас	колено коня	Шеат	β Peg
21		фамм ал-хут	рот [южной] рыбы	Фомальгаут	α PsA
22		уркуб ар-раами	колено стрельца	Аркаб	β Sgr
23		ридждль ал-ки(н)турс	нога кентавра	Ригель Кент.	α Cen
24		сухайль	плоскость [весла]	Канопус	α Car
25		ахр ан-нахр	конец реки	Ахернан	θ Eri
26		рафик ас-суха	спутник сухи	Мицар/Алькор	ζ UMa
27		занаб аль-асад	хвост льва	Денебола	β Leo
28		занаб ад-даджджа	хвост лебедя *	Денеб	α Cyg
29		айн (унк?) ал-хайа	шея** змеи	Унукальхайя	α Ser
30		айн (унк?) аш-шуджа	шея** гидры	Альфард	α Hya

Позднее ас-Суфи расширил свой список. Так в «Книге созвездий неподвижных звезд» наряду с полным, практически птолемеевским каталогом содержится и таблица 44 звезд (имеются также рукописи с 41 звездой), которая отсутствовала у его великого предшественника [Kunitzsch, 1990].

Таблица 4.2 – Координаты звезд из таблицы Хабаша ал-Хасиба

№ п/п	Звезда	Широта	Долгота	Склонение	Медиация
1	β Cas	51°45'	19°41'	53°26'	346°57'
2	β Per	22 45	40 33	36 26	31 32
3	α Per	30 08	46 32	45 18	34 28
4	α Tau	-5 15	54 12	13 45	55 31
5	β Ori	-31 04	60 46	-10 0	66 43
6	ε Ori	-24 25	67 41	-2 24	71 19
7	α Ori	-16 45	72 53	5 49	74 49
8	α Aur	22 50	66 26	43 51	61 20
9	α CMa	-39 20	89 7	-15 45	89 21
10	α CMi	-16 00	100 2	7 35	99 8
11	α Leo	0 15	134 16	16 51	134 21
12	α Vir	-2 06	188 05	-5 8	187 11
13	α Boo	31 12	188 27	25 8	202 32
14	α CrB	44 06	206 23	30 41	224 4
15	α Sco	-4 24	234 40	-23 13	233 2
16	α Oph	36 00	246 35	14 01	252 10
17	α Lyr	61 45	270 17	38 10	270 8
18	α Aql	29 12	285 35	6 23	282 33
19	α Cyg	59 36	319 41	41 14	298 45
20	β Peg	31 10	343 37	22 13	330 23
21	α PsA	-23 00	318 32	-37 1	327 31
22	β Sgr	-23 00	269 54	-46 35	269 53
23	α Cen	-41 10	200 32	-44 45	178 9
24	α Car	-75 00	90 17	-51 25	90 6
25	θ Eri	-53 30	12 24	-43 16	39 28
26	ζ UMa	55 40	149 48	60 30	188 12
27	β Leo	11 50*	156 17	20 12	161 14
28	α Cyg	60 00	321 06	41 56	299 21
29	α Ser	34 15**	213 46	19 25	225 45
30	α Hya	-20 30	131 44	-2 26	126 15

Примеру ас-Суфи следовали и другие арабские астрономы, формировавшие списки без оглядки на канонические 30 звезд:

– Кушйар ибн Лаббан (971–1029) в своем «Всеобъемлющем зидже» составил таблицу 48 звезд на эпоху 932 г.;

– ал-Хараки (ум.1138/39) – таблицу 81 звезды на эпоху 1112 г. [Kunitzsch, 1986, p. 119];

– Омара Хайяма в зидже Малик-шахи дал таблицу 100 звезд на эпоху 1079 г., долготы на 14°26' больше птолемеевских [Звездный каталог ал-Бируни..., 1962, с. 159–173, 186–190];

– ат-Туси в зидже Илхани – 60 звезд на эпоху 1283/84 г., долготы на 16°45' превосходят значения Птолемея [Звездный каталог ал-Бируни..., 1962, с. 174–176, 190–192].

В диссертации [Куртик, 1984, с. 132–136] перечисляются еще несколько таблиц:

– зидж ал-Хазини с таблицей 43 звезд на эпоху 1115 г.;

– таблица 76 звезд на эпоху 1277 г. в персидской рукописи неизвестного автора;

– зидж Джамал ад-Дина ал-Касима ибн Махфуза с таблицей 72 звезд на эпоху 1284 г.;

– зидж ал-Ашрафи иранского астронома Санджара ал-Кемали содержит таблицу 100 звезд, составленный в г. Ширазе в 1304 г.;

– зидж ар-Риш с таблицей 50 звезд на эпоху 1407 г.

Хотя количество звезд в этих выборках намного меньше, чем в каталогах на основе птолемеевского, все же их больше, чем необходимо мастерам для изготовления паука астрлябии.

Малые списки звезд вслед за перечисленными выше арабскими работами появились и в арабской части Испании. Так, самая ранняя работа такого характера – это список 27 звезд, полученный в Испании на основе арабской модели, датируемой концом X в. Список еще близок к арабской форме – скомпонован так, как если бы читался справа налево, но порядок следования звезд иной и одна звезда пропущена (η Б. Медведицы), так что осталось 26 звезд.

Этот набор из 27 звезд встречается на большинстве сохранившихся астрлябий XI–XIII вв. из Андалусии и на многих более поздних европейских инструментах. В таком же порядке и с такими же координатами мы находим эти 27 звезд в трактате о конструировании астрлябии Асцелина Аугсбургского (ок. 947–1030) и в записях немецкого монаха Германа Калеки из Райхенау (1013–1054). И только на астрлябиях XIII – начала XIV в. начинают появляться новые звезды, пополнившие канонический список 27 звезд [Kunitzsch, 2005, p. 43–44].

Поскольку до нашего времени дошли сотни звездных таблиц и списков, немецкий исследователь Пауль Кунич (р. 1930) выделил 17 основных типов, которые и легли в основу его классификации [Kunitzsch, 1966]. Эти списки отличаются по количеству звезд и эпохе их координат, охватывают широкий круг источников. Так вышеупомянутый список 27 звезд классифицируется Куничем как тип III. На рисунке 4.2 дан пример списка первого типа (тип I).

Еще одна таблица X в. содержит 21 звезду для астрлябий на эпоху 978 г. (тип I по Куничу). Она составлена на латинском языке испано-арабским астрономом Масламой ал-Маджрити (ум. 1008/9) и присоединена к рукописи вместе с текстом «Планисферики» Птолемея. Для каждой звезды имеются долготы и широты, а также медиация и склонение. Долготы для эпохи 978 г. увеличены на $12^{\circ}40'$ от эпохи Птолемея. В некоторых рукописях медиация называлась *latitudo*, а второй величиной была *альтитууда* [Kunitzsch, 2000, p.245].

Прототипом для этой работы послужил, возможно, более ранний (908 г.) список 19 звезд, составленный в Византии на греческом языке [Pingree, 2000, p.475]. В отличие от упоминавшихся выше списков птолемеевского вида этого же периода, список 19 звезд был приближен к практике изготовления астрлябий и не содержал «лишних» звезд, которые не могли быть нанесены на паук астрлябии.

Lfd. Nr.	nomina stellarum	longitudo	latitudo	pars	mediatio	distancia ab equatore	pars	Lfd. Nr. In A	Mod. Bez.
1	capud allgol	42° 20	23° 0	+	56° 34	14° 12	+	1	β Per
2	aldebaran	55° 20	5° 10	—	62° 55	43° 50	+	2	α Tau
3	alaloc	67° 40	22° 30	+	90° 20	15° 35	—	4	α Aur
4	alabor	90° 20	39° 10	—	100° 40	6° 56	+	6	α CMa
5	algomeiza	102° 0	16° 10	—	203° 52	24° 56	+	7	α CMi
6	alrameh	189° 4	31° 30	+	187° 30	5° 10	—	13	α Boo
7	alazel	188° 20	2° 0	—	270° 0	38° 25	+	12	α Vir
8	vultur cadens	270° 0	62° 0	+	183° 18	56° 25	+	16	α Lyr
9	vultur uolans	286° 30	29° 10	+	169° 44	42° 4	+	17	α Aql
10	adif	221° 50	9° 0	+	234° 18	23° 5	—	19	α Cyg
11	cor scorpionis	235° 20	3° 0	—	144° 20	16° 27	+	15	α Sco
12	cor leonis	135° 40	0° 10	+	76° 21	6° 44	+	9	α Leo
13	humerus geminorum	73° 40	16° 0	—	64° 15	10° 22	—	5	α Ori
14	pes geminorum	62° 30	31° 50	—	331° 30	22° 29	+	3	β Ori
15	humerus equi	344° 50	31° 0	+	125° 49	2° 25	+	20	β Peg
16	antecedens brachia	130° 20	16° 0	—	224°			8	
17	alfeta	205° 20	44° 30	+				14	α CrB
18	alkhadib	0° 0	20° 40	+				21	β Cas
19	bennenos	162° 40	55° 0	+	197° 35	55° 30	+	11	η UMa
20	cauda leonis	156° 40	11° 50	+	161° 40	20° 4	+	10	β Leo
21	capud serpentarii	255° 30	36° 0	+	264° 0	4° 30	+	18	α Oph

Рисунок 4.2 – Список звезд первого типа (тип I) с основными (эклиптическая долгота и широта) и вспомогательными (медиация, склонение) координатами [Kunitzsch, 1966, p.16]

Ал-Маджрити внес минимальные изменения в состав списка: он исключил две звезды – α Гидры и α Андромеды, и добавил четыре – β Кассиопеи, η Б.Медведицы, α Змееносца и так называемую «звезду-призрак». Последняя, мнимая звезда стала появляться и на арабских астролябиях в начале X столетия. Она часто отождествлялась как α Близнецов, хотя координаты и положение на инструментах соответствовали созвездию Льва, чуть выше экватора, примерно 15 градусов к северу от α Гидры, где нет заметной звезды на небе [Kunitzsch, 2005, p. 45]. Эта звезда, которой не было на небе, успешно переходила из одного списка в другой. Это подтверждает тот факт, что практические наблюдения звезд проводились редко, иначе бы эта несообразность была быстро обнаружена.

В начале данного раздела уже упоминались Альфонсовы таблицы 1252 г., составленные под руководством короля Альфонса X в Толедо. Их предшественниками были Толедские таблицы второй половины XI в., в разных рукописях которых содержались несколько перечней звезд – 32, 35, 37 или 40 позиций [Pedersen, 1994]. По крайней мере, один из этих списков – 37 звезд на эпоху ок. 1066/67 г. – ассоциируется с именем аз-Заркали (1029–1087), описавшим универсальную астролябию и работавшим в то время в Толедо [Kunitzsch, 1980, p.196–199]. Список аз-Заркали содержал эклиптические координаты; поправка на прецессию 14°7' от долгот Альмагеста была получена на основе теории трепидации Сабита ибн Корры (836–901) [Куртик, 1984, с. 159–161].

В более поздних рукописях Толедских таблиц, датируемых XIII в., найдены списки 35 звезд, долготы которых имели поправки $14^{\circ}55'$ или $15^{\circ}7'$ относительно Альмагеста [Toomer, 1968, p. 123]. Причем в последнем случае, ровно 1° был добавлен к значениям аз-Заркали. Если отталкиваться от наиболее широко распространенной тогда скорости прецессионного движения, то от эпохи аз-Заркали должно было пройти 66 лет, так что долготы 35 звезд соответствовали эпохе ок. 1132/33 гг. [Pedersen, 1994, p.59].

Это был не единственный список аз-Заркали. В арабской рукописи из Стамбула 1224 г. содержится его трактат из 80 глав об универсальной астролябии. Трактат сопровождается таблицей 29 звезд. Автор объясняет, что он получил долготы звезд на эпоху 1066/67 г. из координат ал-Баттани. Однако, детальное изучение показывает, что 21 звезда в начале таблицы аз-Заркали из этой рукописи идентичны 21 звезде из списка Масламы ал-Маджрити 978 г. с его долготой, отличающейся от Альмагеста на $12^{\circ}40'$, остальные 8 звезд добавлены из другого списка [Kunitzsch, 1980, p. 192–193].

Благоприятные для развития науки условия, существовавшие на территории ряда государств Пиренейского полуострова, позволили проявить себя еврейским ученым, в числе которых Авраам бен Хийя (1065–1136) и Авраам ибн Эзра (1089–1164). И тот и другой оставили среди своих работ на иврите списки 28 звезд (эпоха 1104 г.) и 23 звезд (эпоха 1148 г.) соответственно. Ибн Эзре пришлось завершать свой список в изгнании, так как в 1140 г. после начала гонений на евреев он покинул Испанию [Goldstein, 1985, p. 185–199]. Отметим, что в списке бен Хийя просматривается «визитная карточка Птолемея» – четыре южные звезды, бесполезные для классической астролябии. Напомню, что последний раз мы встречали их у ас-Суфи, почти двумя веками раньше. А вот список ибн Эзры уже избавился от «балласта», там нет трех самых южных звезд. Стоит добавить, что Испания находится как минимум на 10° севернее Александрии, так что три самые южные звезды Птолемея здесь не поднимаются над горизонтом.

Еврейский ученый – универсал, изобретатель «посоха Якова», Леви бен Гершом (1288–1344) жил по другую сторону Пиреней, в южной Франции. Он составил список 24 звезд на эпоху 1325 г. Этот же список мы находим в работе неизвестного автора на иврите через 67 лет, в 1392-м. Долготы возросли на $4^{\circ}20'$ по сравнению со списком бен Хийя (1104 г.). Эта разность соответствует скорости прецессионного движения 1° за $66 \frac{2}{3}$ года. Широты и звездные величины в основном соответствуют значениям предшественника [Goldstein, 1985, p.199].

Звездные таблицы, полученные не вычислениями, а с помощью независимых наблюдений, были так же редки в Европе, как и на Востоке. Такой пример содержится в таблице 40 звезд из Парижа, где в 1246 г. Джон Лондонский провел собственные наблюдения с помо-

щью армиллярной сферы [Kunitzsch, 1986, p. 51; 5, p. 120]. Часть звезд из его таблицы несколькими годами позже была объединена со звездами более ранних звездных таблиц конца X в. из Испании в новый список 49 звезд. Координаты – медиация и склонение – указывали на предназначение этого списка. Этот новый список дополнил трактат об астрологии, написанный, как считалось, арабским астрономом и астрологом Машаллахом (740–815) [Kunitzsch, 1981, p. 47].

Как выяснилось, происхождение этой работы было более поздним – текст был составлен в середине или второй половине XIII в. на основе различных переводов с арабского и других западных текстов об астрологиях. Но трактат псевдо-Машаллаха, а вместе с ним и таблица звезд Джона Лондонского, стали наиболее популярным и наиболее широко распространенным астрономическим трудом в позднем Средневековье [ibid, p. 42; 5, p. 120].

Как и в прежние времена на арабском Востоке, в Европе также каждый астроном стремился создать самый правильный с его точки зрения перечень звезд. Где-то между 1407 и 1412 гг. француз Жан Фузорий (ок. 1365–1436) составил собственный независимый список, который содержал несколько «новых» звезд. Однако, его трактат был написан на французском языке и не получил широкого распространения. Сам Жан в 1415 г. взялся за изготовление астрологии для английского короля Генриха V, за что в условиях войны был обвинен в измене и выслан из Парижа.

Из поздних работ можно отметить изданную в 1512 г. книгу «*Elucidatio fabricae ususque astrolabii*» (Руководство об изготовлении и использовании астрологии) Иоганна Штёффлера (1452–1531), которая до 1620 года выдержала 16 изданий [Stoeffler, 2007]. В этой книге приведена таблица 46 звезд с долготами на эпоху 1500 г. (долготы в разных изданиях отличаются от птолемеевских на $+20^{\circ}55'$, либо на $+19^{\circ}38'$), а даны практические координаты – медиация и склонение. Известно, что при составлении списка Штёффлер опирался на более раннюю работу представителя венской школы астрономии Иоганна Гмундского (ок.1380–1442), который опубликовал список 44-х (в некоторых изданиях 42-х) звезд [Kunitzsch, 2005, p. 45]. Краткий перечень изученных списков представлен в таблице 4.3 [Масликов, 2015b].

Знание источника при анализе звезд астрологии поможет: 1) уточнить дату изготовления инструмента; 2) оценить качество изготовления указателей звезд; 3) получить информацию о методе учета прецессии (в т.ч. о квалификации мастера), о географическом распространении источника и ответить на другие вопросы. Принципы такого исследования изложены в статье Элли Деккер [Dekker, 2005].

Таблица 4.3 – Основные таблицы и списки звезд, связанные прямо или косвенно с астрологиями

Средневековый мусульманский	Средневековая Европа, включая
-----------------------------	-------------------------------

Восток	арабскую часть Испании
Птолемей, 30 звезд, 137 г. н. э.	
Зидж ал-Мамуна (Tabulae Probatae), 24 звезды, 829/30 г.	
ал-Фергани, 25 звезд, 856/57 г.	
Хабаш ал-Хасиб, 30 звезд, 916/17 г.	
Византийский список, 19 звезд, 908 г.	
ас-Суфи, 30 звезд, 920-е гг.	
Кушйар ибн Лаббан, 48 звезд, 932 г.	Маслама ал-Маджрити, 21 звезда, 978 г. (Пт + 12°40')
ас-Суфи, 44 звезды, 964 г. (Пт + 12°42')	Список 27 звезд, конец X в., Испания
Омар Хайям, 100 звезд, 1079 г. (Пт + 14°26')	аз-Заркали, 29 звезд, 978 г. (Пт + 12°40') Толедские таблицы, 37 звезд, 1066/67 г. (Пт + 14°7')
ал-Хараки, 81 звезда, 1112 г. ал-Хараки, 84 звезды, 1132 г. (Пт + 14°57') [Destombes, 1956b, p. 322]	Авраам бен Хийя, 28 звезд, 1104 г. (Пт + 14°30')
Зидж ал-Хазини, 43 звезды, 1115 г. (Пт + 15°)	Авраам ибн Эзра, 36 звезд, 1146 г. (Пт + 15°8')
ат-Туси, зидж Ильхани, 16 звезд, 1233 г. (Пт + 16°24') [Destombes, 1956b, p. 322]	
Таблица 76 звезд, 1277 г. (Пт + 17°26')	Джон Лондонский, 40 звезд, 1246 г.
ат-Туси, 60 звезд, 1283/84 г. (Пт + 16°45')	
Зидж Ибн Махфуза, 72 звезды, 1284 г. (Пт + 17°31')	псевдо-Машаллах, 49 звезд, XIII в.
Список 20 звезд, 1299 г., (Пт + 17°40')	
зидж ал-Ашрафи, 100 звезд, 1304 г. (Пт + 17°50')	Леви бен Гершом, 24 звезды, 1325 г. (Пт + 17°50')
Ал-Самарканди, 48 звезд, 1363 г. (Пт + 17°48' / 18°36') [Destombes, 1956b, p. 323]	Список 24 звезд 1382 г. на иврите (Пт + 18°50')
Зидж ар-Риши, 50 звезд, 1407 г. (Пт + 19°13')	Жан Фузорий, 1407–1412 гг.
	Штёффлер, 46 звезд, 1500 г. (Пт + 20°55' / +19°38'),

Примечание – Пт – значение долготы из каталога Птолемея.

Если источник найден, все звезды астролябии содержатся в списке (хотя список может быть и более обширным, чем набор звезд астролябии). Список обычно содержал координаты – медиацию и склонение, а также короткие названия звезд для гравировки на решетке. Второй шаг – это сравнение списка с данными конкретного инструмента, то есть с измеренными координатами звезд (вершин указателей). При наличии доступа к инструменту, эти

координаты можно получить путем прямого измерения радиуса каждого указателя (от центра инструмента) и соответствующего отсчета медиации. Эта процедура может быть выполнена и по фотографии. Обычно требуется обработка фотографии с тем, чтобы уменьшить перспективные искажения.

Из измерений может быть вычислена эпоха инструмента, точнее – эпоха звездных координат, использованных при изготовлении паука. На результате сказываются несколько факторов – качество изготовления инструмента мастером, точность измерения указателей звезд исследователем, механические повреждения указателей в процессе эксплуатации. В идеальном случае, если измерить угловые координаты звезд с точностью до $0,1^\circ$, при скорости прецессии 1 градус за 70 лет, можно получить эпоху с точностью порядка 7 лет. На практике в результате обработки всех положений звезд, средняя квадратичная ошибка может быть даже ниже. Такое исследование было проведено для звезд московской астролябии (см. А.9), изготовленной в 1587 г. в г. Лахор. Эпоха оказалась близка к 1530 г. (Сама астролябия изготовлена в 1587 г.). Эта дата позволяет сузить круг для поиска подходящего зиджа, то есть письменного источника [Maslikov, Sarma, 2016].

Первая астролябия, для которой в ходе диссертационного исследования удалось найти письменный источник, это немецкая астролябия 1614 г. (см. А.14), которая хранится в Эрмитаже. Мастер изготовил ее по книге Ф. Риттера из Нюрнберга, написанной годом ранее [Ritter, 1613]. Набор 30 звезд астролябии и их названия полностью входят в список 52 звезд Риттера.

И, наконец, звезды еще одной, итальянской астролябии были отождествлены со списком самого мастера – Игнасио Данти. Он включил список звезд в свою книгу (см. А.12). Работа по поиску источников других астролябий продолжается.

4.2 Вычисление эталонных звездных координат

Еще один важный вопрос, которому уделялось внимание в ходе исследования, это возможность контроля звездных координат, содержащихся в зиджах и каталогах прошлого. Конечно, основное число фундаментальных каталогов на основе птолемеевского, уже подвергались такому исследованию. Задачей данной диссертационной работы являлось исследование точности положения звезд на пауках конкретных российских астролябий.

Для такого исследования необходимо было с помощью компьютерной программы вычислить точные (эталонные) положения звезд на эпоху изготовления инструмента (где она была известна) с учетом всех значимых эффектов, влияющих на координаты. Эталонные звезды сравнивались, во-первых, с указателями на астролябии, а во-вторых – с письменными источниками (опять же, где они были известны). Точность каталогов прошлого не превыша-

ет $0,1^\circ$, а практически в несколько раз ниже. Точность изготовления указателей мастерами, как показало исследование, также не была выше 1° . Поэтому при вычислении координат нет необходимости учитывать такие тонкие эффекты, как нутация, абберация, прецессия от планет, параллакс.

Главный фактор, влияющий на изменение звездных координат – это лунно-солнечная прецессия. Кроме прецессии имеется еще один эффект, который необходимо учитывать, по крайней мере, у некоторых звезд. Это собственные движения звезд. Так, одна из самых быстрых (из числа звезд астробай) – звезда Арктур, движется по небесной сфере со скоростью $2,3''$ за год, так что за тысячу лет ее смещение составит $2300''$, то есть $38'$ – больше половины градуса. Скоростями более $1''$ в год обладают еще несколько звезд, это Сириус – $1,3''$, Процион – $1,2''$ (см. таблицу 4.2), τ Кита – $1,9''$, θ Б.Медведицы – $1,1''$.

Для расчетов использовался Каталог ярких звезд (Bright Star Catalogue) на эпоху J2000, полная версия которого содержит 9110 звезд ярче 6,5 звездной величины (5-е издание 1991 г.)¹⁷.

Для исследования были отобраны 110 самых ярких звезд, которые могли использоваться на астробаях. Для каждой звезды из каталога выбраны следующие параметры:

- 1) название звезды, ее положение в созвездии и краткое обозначение;
- 2) прямое восхождение α на эпоху J2000 (часы h, минуты m, секунды s);
- 3) склонение δ на эпоху J2000 (градусы $^\circ$, минуты $'$, секунды $''$);
- 4) визуальная звездная величина m;
- 5) собственное движение по прямому восхождению $\Delta\alpha$ ($''$ / год);
- 6) собственное движение по склонению $\Delta\delta$ ($''$ / год).

Если звезда двойная, используем координаты более яркой звезды, так как самое большое расстояние между компонентами имеющихся в нашем списке двойных составляет порядка $2'$ (например, α Близнецов – $131''$, γ Льва – $123''$). В таблице 4.4 приведен начальный фрагмент списка с наиболее яркими звездами (ярче $1,5^m$).

Таблица 4.4 – Фрагмент списка звезд, упорядоченный по убыванию звездной величины

	Имя	Созвездие	Сокр. обозн.	α (J2000)		δ (J2000)		Собств. движ. $''$ /год		m
				(h m s)	($^\circ$ ' ")	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$			
1	Сириус	α Б.Пса	α CMa	06 45 09	-16 42 58	-0,553	-1,205	-1,46		
2	Канопус	α Киля	α Car	6 23 57	-52 41 45	0,022	0,021	-0,72		
3	Арктур	α Волопаса	α Boo	14 15 40	19 10 56	-1,093	-1,998	-0,04		

¹⁷ URL = http://www.alcyone.de/brightest_stars.html

4	Вега	α Лиры	α Lyr	18 36 56	38 47 01	0,202	0,286	0,03
5	Капелла	α Возничего	α Aur	05 16 41	45 59 53	0,076	-0,425	0,08
6	Ригель	β Ориона	β Ori	05 14 32	-08 12 06	0	-0,001	0,12
7	Процион	α М.Пса	α CMi	07 39 18	05 13 30	-0,71	-1,023	0,38
8	Ахернан	α Эридана	α Eri	1 37 43	-57 14 12	0,095	-0,035	0,46
9	Бетельгейзе	α Ориона	α Ori	05 55 10	07 24 25	0,026	0,009	0,48
10	Альтаир	α Орла	α Aql	19 50 47	08 52 06	0,538	0,386	0,77
11	Альдебаран	α Тельца	α Tau	04 35 55	16 30 33	0,063	-0,19	0,85
12	Спика	α Девы	α Vir	13 25 12	-11 09 41	-0,041	-0,028	0,98
13	Антарес	α Скорпион	α Sco	16 29 24	-26 25 55	-0,01	-0,02	1,09
14	Поллукс	β Близнецы	β Gem	07 45 19	28 01 34	-0,628	-0,046	1,15
15	Фомальгаут	α Ю.Рыбы	α PsA	22 57 39	-29 37 20	0,333	-0,165	1,16
16	Денеб	α Лебедя	α Cyg	20 41 26	45 16 49	0,003	0,002	1,30
17	Регул	α Льва	α Leo	10 08 22	11 58 02	-0,248	0,006	1,33
18	Акрукс	α Ю.Креста	α Cru	12 26 36	-63 05 57	-0,036	-0,012	1,33

Алгоритм компьютерной программы, вычисляющей точные (эталонные) положения звезд на заданную эпоху следующий:

- 1) ввод данных – номер звезды, прямое восхождение (α), склонение (δ), собственное движение звезды по α и по δ на эпоху J2000 и преобразование данных из 60-ричной системы (часы, градусы, минуты, секунды) в радианы;
- 2) ввод эпохи T, соответствующей исследуемой астролябии в столетиях, отсчитываемых от исходной эпохи J2000; например, для немецкой астролябии, изготовленной в 1614 г., эпоха T = -3,86 (на начало года);
- 3) вычисление прецессионных параметров Ньюкомба [Жаров, 2006, с. 357];
- 4) учет собственного движения звезд по α и δ на интервале T;
- 5) преобразование полученных координат α и δ с эпохи J2000 на эпоху T [Меёс, 1988, с. 56];
- 6) преобразование полученных координат α и δ в эклиптическую систему – долготу (λ) и широту (β) [там же, с. 41];
- 7) вычисление вспомогательной величины – медиации;
- 8) преобразование данных из радианной меры в 60-ричную систему в формате изучаемого списка, как правило – градусы, минуты и вывод результатов на печать в виде таблицы;
- 9) преобразование сферических координат λ и β в прямоугольные координаты в стереографической проекции;
- 10) подготовка Post-script файла для построения звездной карты в графической программе Photoshop CS.

Данная компьютерная программа написана автором на языке программирования C++ и была особенно полезна при отождествлении указателей звезд там, где имелись сомнения. Для

этого в программе Photoshop CS готовилось изображение паука астролябии (после устранения проекционных искажений, вызванных положением фотоаппарата относительно плоскости инструмента), после чего поверх изображения накладывалась звездная карта с эталонными (вычисленными) положениями звезд. При этом использовалась возможность работы со слоями. Оба изображения приводились к одному масштабу, используя несколько опорных звезд, положение которых на пауке определялось однозначно. Как правило, это были звезды, расположенные максимально далеко друг от друга – Сириус, Антарес, Спика, Альтаир.

После завершения этой процедуры, все указатели паука оказывались рядом с эталонными звездами (см. рисунок 4.3). Причем, по отклонениям указателей от эталонных значений наглядно видно качество изготовления паука. Например, Капелла (внизу №4) и Арктур (справа №2), так же, как и многие другие указатели показывают хорошее совпадение с эталонами, а вот указатель звезды Алголь (№25) выполнен с большой погрешностью.

Чаще всего эталоном служил каталог Клавдия Птолемея. Тем более, что содержащиеся в нем долготы звезд легко можно было пересчитать на любую необходимую эпоху, применив ту или иную скорость изменения долгот, вызванную прецессией. Как мы видим из табл. 4.1, авторы практически всех приведенных здесь списков так и делали. Формула Пт+ показывает на сколько были увеличены долготы исходного списка Птолемея для получения конкретного списка.

Такая приверженность Птолемею дает в руки исследователей еще один способ оценки точности звездных положений. Он заключается в том, что исследователь имеет возможность физически измерить положения звездных указателей на инструменте, после чего вычислить эклиптические координаты указателей (звезд) и сравнить их с координатами Птолемея (или с координатами другого наиболее близкого к эпохе инструмента списка).

Порядок действий следующий: из центра инструмента до точек равноденствия измеряется линейный радиус экватора R_{eq} , затем радиус указателя звезды r . Тогда из формулы (1) можно найти склонение звезды: $\text{tg} [(90 - \delta) / 2] = r / R_{eq}$. Линейка, приложенная к указателю звезды и центру инструмента, в точке пересечения с эклиптической покажет значение медиации m . Прямое восхождение вычисляется из формулы $\text{tg} \alpha = \text{tg} m \cdot \cos \varepsilon$. Далее экваториальные координаты α и δ пересчитываются в эклиптические λ и β по формулам сферической тригонометрии [Меёс, 1988, с. 41].



Рисунок 4.3 – Фрагмент паука московской астролябии (см. А.9)

с наложенными поверх него эталонными звездами. №2 – Арктур, №35 – Альфекка (α Сев. Короны), №25 – Алголь, №4 – Капелла, №34 – Денебола, клюв птицы – Вега и т. д.

Погрешность полученного склонения $d\delta$ можно оценить дифференцированием формулы (1): $d\delta = dr (1 + \sin \delta) / R_{\text{eq}}$, где dr – погрешность линейных измерений. Если принять погрешность линейных измерений 0,2 мм, а радиус экватора за 100 мм, погрешность полученного значения для склонения составит от $0,1^\circ$ на экваторе до $0,2^\circ$ вблизи полюса. Погрешность второй координаты (α или m) определяется точностью измерения углов и составляет около $0,25^\circ$, что, в основном, соответствует точности каталога Птолемея.

Полученные координаты сравниваются с исходным каталогом, из чего может быть выведена разность их эпох. При учете прецессии в эклиптических координатах с достаточной для практики степенью точности можно утверждать, что широты звезд не меняются, а долготы равномерно увеличиваются. Самая большая трудность в этой процедуре – узнать каким значением скорости пользовался автор того или иного звездного списка.

Сейчас мы имеем возможность рассчитать значение годичной скорости прецессии P (в угловых секундах) для любой интересующей нас эпохи по формуле:

$$P = 50'',387784 - 0'',021452 \cdot T - 0'',000034 \cdot T^2,$$

где T – время в юлианских столетиях от эпохи J2000.0 [Жаров, 2006, с. 357–359]. Постоянная прецессии, рассчитанная по этой формуле, дает для современной эпохи значение 1° за 71,6 года, для эпохи 1000.0 – 1° за 71,9 года, а для эпохи Птолемея – 1° за 72,2 года.

4.3 Справочники городов

Многие арабские астролябии содержат географический справочник городов (*gazetteer*), который располагается на донышке центрального углубления в корпусе, под тимпанами и решеткой. Как считают Шарон Гиббс и Джордж Салиба это «один из наиболее интересных элементов астролябии» [Gibbs, Saliba, 1984, p. 26]. Прежде всего, он представляет связь астролябии с более редким и более ранним инструментом античности – портативными солнечными часами [De Solla Price, 1969]. Несколько таких предметов, найденных в XX в., похожи на астролябии и датируются примерно II – IV вв. н. э. На одной стороне диска находится круговая таблица с названиями городов на греческом языке и их широтами, на другой стороне – солнечные часы. Имеется также ушко для подвешивания, как на астролябии. Образец таких солнечных часов диаметром 134 мм с таблицей широт 34 городов хранится в Эрмитаже (инв. номер ОНП 239).

Наполнение географических справочников началось еще до Птолемея. Без опоры на предшественников великому греку невозможно было бы создать такой обширный труд, каким была его «География» с картой всего известного в то время мира. Основой карты послужил справочник 6345 координатных точек. Наряду с «Географией» до нашего времени дошли в переложении Теона Александрийского «Подручные таблицы» Птолемея, где был приведен так называемый «список известных городов» (*Κατὼν πόλεων ἐπισήμων*), содержащий около 360 пунктов. Из более чем шести тысяч пунктов астрономические определения широты благодаря Гиппарху имели всего 29 мест [Щеглов, 2014, с. 92]. Вслед за своими предшественниками Птолемей установил начальный меридиан на островах Фортуны, лежащих западнее крайних точек Европы и Африки [Браун, 2006, с. 117].

Традиции Птолемея первым на мусульманском Востоке последовал ал-Хорезми. Он составил справочник 2402 пунктов (ок. 836–847 гг.) [Щеглов, 2014, с. 82]. Вслед за ал-Хорезми в многочисленных арабских зиджах IX–XV вв., как правило, имелись таблицы географических данных. Например, «Сабейский зидж» аль-Баттани (ок. 900 г.) вместе с 533 звездами содержал таблицу 273 пунктов. Этот зидж в свою очередь использовал «Книгу картин Земли» Сабита ибн Корры, где имелась таблица 302 пунктов [Розенфельд, Хайретдинова, 1994, p. 140]. Беруни в Каноне Масуда (том V, ч. I, кн. 5, глава 10) привел более 600 городов.

В зидже Ильхани, составленном ат-Туси ок. 1240 г., содержится 245 пунктов, для 35 из которых дана максимальная длина светового дня. В таблицах Улугбека, составленных двумя веками позже (1437 г.), мы видим те же 245 пунктов. Хотя Хаканский зидж его ближайшего сподвижника ал-Каши (1414 г.) содержал в два раза больше – 516 местоположений, упорядоченных по климатам [Kennedy, 1956, p. 40, 43].

Как и в случае с неподвижными звездами, эти зиджи давали избыточную информацию для мастера, изготавливавшего астролябии. При всем желании он не мог нанести более сотни пунктов, а чаще астролябии содержали от 30 до 50 местоположений. К счастью, некоторые авторы шли навстречу чаяниям мастеров. Так Кушйар ибн Лаббан (971–1029) в своем «Всеобъемлющем зидже» вместе с таблицей 48 звезд на эпоху 932 г. приводит таблицу 45 географических пунктов [ibid, p. 35].

Не все мастера обладали способностью самостоятельно корректировать список. Например, на астролябии, изготовленной в городе Лахоре (см. А.9), список был переписан с другого инструмента, пришедшего из персидского региона Гилян. При этом координаты самого Лахора на астролябию не попали. А вот на исходной астролябии из Гиляна мы наблюдаем противоположную картину – мастер был более патриотичен. Хотя он в свою очередь использовал список, восходящий к более ранней традиции мастеров из Исфахана, работавших на 150–250 лет раньше, но добавил свой родной Гилян в нужном месте таблицы (упорядоченной по долготе).

Таблицы большинства зиджей содержали только долготу и широту пунктов. Долготы городов в соответствии с античной традицией отсчитывались от мифических островов Фортуны (островов Блаженных), лежащих примерно на 35–36 градусов западнее принятого ныне меридиана Гринвича. Например, нынешняя долгота иранского Исфахана составляет $51^{\circ}29'$. В арабских таблицах и на астролябии № 9 (см. Приложение А) записано значение $86^{\circ}40'$, разность – $35^{\circ}11'$. Впрочем, эта разность непостоянна в связи с тем, что мир Птолемея был масштабирован иначе – античные карты были растянуты по долготе [Щеглов, 2015].

На астролябиях кроме долготы и широты могли присутствовать и другие координаты. Прежде всего, это кибла, то есть азимут направления на священную Мекку (точнее, на Каабу – главный объект поклонения для мусульман всего мира). Кибла отсчитывалась от точки юга или севера в зависимости от положения города – севернее он или южнее Мекки. На поздних астролябиях (XVII–XVIII вв.) могла присутствовать еще сторона горизонта, уточняющая направление на Мекку – например, юго-запад или юго-восток. И совсем редко встречался пятый параметр – расстояние до Мекки, которое измерялось в «фарсах», при этом 1 фарсах составлял от 5,5 до 8,5 км [Хинц, Давидович, 1970, с. 120]. У астролябий, хранящихся в России, этот параметр присутствует только на большой астролябии из дерева (см А.7).

Все арабские географические таблицы, нанесенные на астролябии, построены по одному принципу – данные размещены вдоль концентрических кругов и радиальных линий. Количество образующихся при таком делении ячеек зависит от количества городов и количества параметров. Иногда города могут располагаться в один круг, но чаще присутствовали два или даже три круга. Начало таблицы – ее заголовок – располагался, как правило, слева от

верхнего вертикального радиуса (см. рисунок 4.4). В заголовке содержались названия параметров: بالان («билад») – то есть «город», طول («тул») – долгота, عرض («ард») – широта, اعشارق («инхираф») – кибла, مسافات («масафат») – расстояние до Мекки, جهة («джихат») – сторона горизонта. Обязательными параметрами были только долгота и широта. Список городов размещался против часовой стрелки и обычно начинался с Мекки и Медины.

Внешний периметр таблицы мог быть разделен, например, на 24 части. Внутренний круг имел меньшее число делений, например 16. Один сектор в каждом круге занимал заголовок, так что в данном примере в таблице располагалось 23 города во внешнем круге и 15 во внутреннем, всего – 38 (рисунок 4.4 слева). Такое деление мы наблюдаем на астрольбии №1 (см. А.1).

Больше всего городов расположено в справочнике большой деревянной астрольбии (см. А.7) – по 47 городов во внешнем и внутреннем кругах, всего – 94. Близкое к этому количество городов содержит астрольбия из Лахора (см. А.9), их у нее 87, но расположены они несколькими несимметричными полукругами, что достаточно необычно и похоже на работу неопытного мастера (рисунок 4.4 справа).

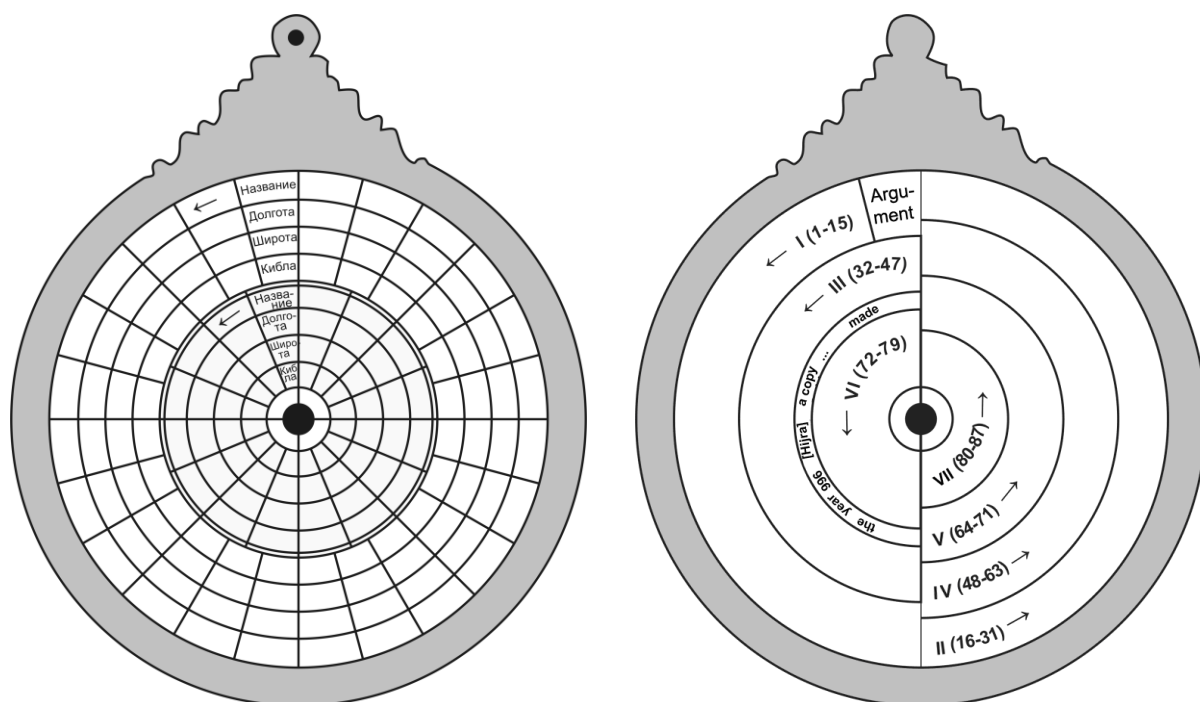


Рисунок 4.4 – Расположение информации в справочнике городов. Слева – традиционное расположение данных в двух кругах – внешнем и внутреннем (см. А.1), справа – плохо структурированное расположение городов на московской астрольбии (см. А.9).

Чаще всего встречается такое распределение – 31 город во внешнем круге и 15 во внутреннем, всего – 46 (астрольбии № 2, 3, 4, 6 в приложении А), на один город больше на

астролябии № 8 (32 + 15). Нестандартное количество – на астролябии № 11 – 39 и 19 городов соответственно (суммарно 58).

Не всегда можно найти источник географических координат для той или иной астролябии. К тому же задачу усложняет творческий подход мастеров, которые старались не повторяться, и на очередном инструменте модифицировали список (это касается и звездных списков). Возможно, модификации вносились в зависимости от назначения астролябии, от пожеланий заказчика, от появления новых географических сведений. Например, сохранилось почти три десятка астролябий Мухаммада Халила из Исфахана, в т.ч. две хранятся в Эрмитаже. На астролябиях, хранящихся в России (см. А.2 и А.3) и Германии [Stautz, 1999, p. 345–347] нанесено 46 городов. Списки отличаются мелкими деталями – пропусками какого-либо города или значениями координат. На астролябии Мухаммада Халила, хранящейся в Гринвиче, нанесено 58 городов [Charette, 2005, p. 258–259], на астролябии из Чикаго – 34, причем Мекка отсутствует [Pingree, 2009, p. 101] (как и на нашей астролябии № 2). Полезно было бы провести сравнительный анализ списков и анализ географического распределения городов.

Традиция нанесения координат пунктов не была передана в Европу. Европейские мастера часто заменяли такой справочник «розой ветров» – указателем названий ветров, или же оставляли донышко корпуса пустым.

Автором диссертации был подробно исследован список городов московской астролябии. Для этого были переведены и сопоставлены с другими источниками названия и координаты 84 городов (см. А.9).

Интересно взглянуть на распределение городов в справочнике московской астролябии, которое показывает главные торговые маршруты Сефевидской империи. Нет западных городов Магриба, нет индийских городов, нет также Лахора, где была изготовлена астролябия (рисунок 4.5).

Таким образом, в данной главе была решена очередная задача, поставленная во Введении – на основе изучения списков звезд и географических координат выявлены взаимосвязи этих наиболее интересных в научном отношении данных в различные эпохи. Впервые доказан факт происхождения коротких звездных списков от списка К. Птолемея. Для отдельных инструментов (московская астролябия и астролябия Петра Первого – соответственно А.9 и А.14 в Приложении А) выявлены источники этих данных.

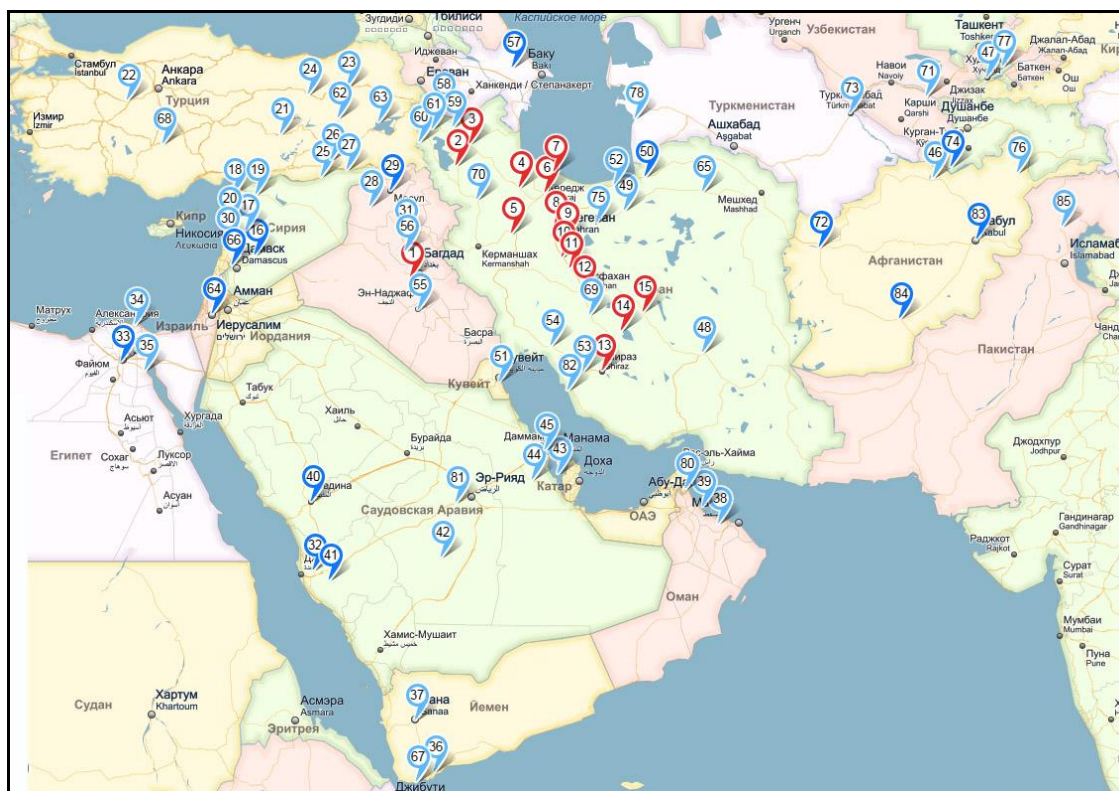


Рисунок 4.5 – Распределение городов из географического справочника московской астрологии. Не показаны три самых восточных города в Китае

Перейдем теперь к изучению способов практического применения астрологии.

ГЛАВА 5

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСТРОЛЯБИИ

На протяжении тысячи лет – со времен Севера Себохта (ок. 650 г.) – многочисленные авторы упражнялись в изобретении все большего количества способов применения астролябии, поскольку заложенные в ее основу принципы позволяли это делать. И если Себохт ограничился 25-ю способами¹⁸, ал-Хорезми описал 43 (ок. 840 г.), то ас-Суфи возвел это число в ранг легенды, написав о тысяче способов применения астролябии. Представление об общем количестве таких трактатов дает книга советских историков, где перечислены около 200 работ, касающихся астролябии [Матвиевская, Розенфельд, 1983, книга 3, с. 147–149]. Все эти работы можно условно разделить на три части: 1) трактаты о конструировании астролябии; 2) трактаты об использовании астролябии и 3) теоретические труды о планисферной проекции. В данной главе рассмотрим трактаты об использовании астролябии.

5.1 Трактаты об использовании астролябии

В данной главе нас интересуют трактаты, в которых описываются способы использования астролябий. Имеется несколько переводов на русский язык соответствующих трудов ал-Хорезми, ас-Суфи, ал-Джили, ал-Бируни с научными комментариями.

Наиболее ранний перевод – это книга **Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми** (ок. 783 – ок. 850) «Трактат о применении астролябии», который приведен в сборнике математических трактатов ученого. Трактат содержит описание 43 практических приемов работы [Ал-Хорезми, 1983b, с. 255–266].

«Книга об астролябии и способах ее построения и обращения с ней до конца и совершенства» написана газневидским математиком и астрономом **Кушйаром ибн Лаббаном ал-Джили** (971–1029). Книга создана в тот же период, когда были написаны соответствующие работы ал-Бируни (или даже немного раньше). Сочинение ал-Джили состоит из введения и четырех разделов. Первый раздел «О важнейших случаях, которые необходимы в этой науке» в свою очередь состоит из 24 глав, в которых описаны способы обращения с инструментом. Во втором разделе «Об остальных случаях, которые необходимы в этой науке» даны еще 12 практических глав [Абдуллазаде, 1990, с. 199–208].

¹⁸ Проект Тертуллиан – URL: http://www.tertullian.org/fathers/severus_sebokht_astrolabe_01_trans.htm (дата обращения 12.04.2016)

Хорошо изучены работы **ал-Бируни**, который пишет о применении астролябии в своих трактатах: «О том, что переводит потенцию астролябии в действительность» (после 1036 г.) и «Книга о способе применения видов астролябии». В первом из них 68 разделов. Во втором глав меньше, всего 20, но по содержанию он близок к первому трактату. В нем для решения задач привлекается не только классическая астролябия, но и другие виды астролябий, а способы решения изложены более компактно. Вопросов применения астролябии Бируни касается и в своей «Книге вразумления начаткам науки о звездах», но уже более кратко [Вахабов, 1989, с. 28–37].

Отметим исчерпывающий труд на данную тему – «Книга действий с астролябией», написанная Абд ар-Рахманом ас-Суфи (903–986). Исследователям доступна стамбульская рукопись из 386 глав, переизданная Ф. Сезгином [Al-Sufi, 1986] и являющаяся сокращением, не превышающим четверти основного весьма обширного текста из 1760 глав [Матвиевская, 1999, с. 61–62]. Еще одна рукопись ас-Суфи находится в С.-Петербурге, она была описана российским академиком Б. Дорном в 1865 г. [Dorn, 1865, p. 78–79], но русского перевода этих работ нет.

Доступны изучению многочисленные переводы на английский язык. Например, у Генри Мишеля [Michel, 1976] и Дж. Моррисона [Morrison, 2007] в дополнение к традиционным методам рассматриваются приемы использования универсальной астролябии (сафии Арзахеля) и более поздних астролябий Рохаса и Филиппа де Ла Ира.

Как правило, все труды такого рода начинаются с описания способов определения высоты Солнца, точнее сказать – приемов измерения высоты. Джили описывает это так:

«Подвесь астролябию на правой руке так, чтобы градусы высоты были направлены на Солнце. Поворачивая алидаду, установи два отверстия ее против Солнца так, чтобы лучи Солнца входили в верхнее отверстие и выходили из нижнего. То, что между указателем алидады и линией Восток – Запад, – это есть градусы высоты [Солнца]» [Абдуллазаде, 1990, с. 199–200].

Далее Джили разъясняет, как определять высоту Солнца в облачный день, когда на Солнце можно без опаски смотреть глазами:

«Если же [погода] облачная, но тело Солнца [заметно], то направляют астролябию на какой-либо предмет в направлении Солнца так, чтобы линия, соединяющая глаз наблюдателя с Солнцем, проходила бы через оба диоптра. Те градусы, которые покажет указатель алидады, и есть высота [Солнца]» [там же, с. 200].

Аналогично определяется высота звезды ночью.

К наблюдательным методам относится еще метод наблюдения светил (Солнца и звезд) в меридиане для определения широты места, а также наблюдения углов возвышения

или понижения земных объектов при решении геодезических задач на местности. Отметим еще метод «определения градуса Луны и пяти светил» по их измеренным высотам и высотам звезд [Ал-Хорезми, 1983b, с. 258].

На этом приеме наблюдательной астрономии можно считать исчерпанными и далее начинаются многочисленные способы обработки измеренных значений.

5.2 Систематизация функциональных возможностей астролябии

Как ранее уже обсуждалось, астролябия могла решать астрономические, математические, астрологические и иные прикладные задачи.

Возможно и иное деление функций астролябии без привязки к конкретным задачам. Например, астролябия могла выступать как: 1) измерительный инструмент; 2) вычислительное устройство; 3) модель небесной сферы; 4) учебное пособие; 5) изысканный подарок [Charette, 2006, p. 123].

Анализируя методы, изложенные в трактатах, можно попытаться выяснить соотношение задач, интересующих пользователя в тот или иной временной промежуток, а значит, и очертить круг потенциальных пользователей. В качестве примера возьмем перечень методов, описанных ал-Бируни в «Книге потенции» (полное название – «О том, что переводит потенцию астролябии в действительность») [Вахабов, 1989, с. 28–34]:

1. определение высоты [Солнца и звезд];
2. определение понижения [земного предмета];
3. определение градуса Солнца на эклиптике;
4. определение альмукуантарата, соответствующего измеренной высоте;
5. определение гороскопа;
6. определение гороскопа с помощью понижения;
7. определение дуги дня, проходимой Солнцем на небе в дневное время суток;
8. определение равных часов дня и ночи;
9. определение частей часов дня и ночи каждого градуса и того, на сколько поворачивается небесная сфера в каждом «временном» часе этого дня и ночи;
10. определение прошедшей части дня или ночи в равных часах;
11. определение прошедшей части дня или ночи во временных часах;
12. переход от одного вида часов к другому;
13. определение прошедшей части дня и ночи в обоих видах часов на спинке астролябии;
14. определение прошедшей части дня и ночи во временных часах с помощью алидады;
15. эквализация двенадцати домов;
16. определение склонения или зенитного расстояния Солнца и неподвижных звезд на линии середины неба;

17. определение высоты Солнца или светила в меридиане;
18. определение высоты Солнца в начале каждого равного часа;
19. определение широты тимпана;
20. определение широты города;
21. определение широты города с помощью наблюдения незаходящих звезд;
22. определение прямого восхождения или захождения знаков зодиака;
23. переход от градусов восхождений к градусам соответствия;
24. определение градуса Солнца с помощью наблюдения;
25. определение градуса Солнца с помощью дуги дня, если она известна;
26. определение гороскопа с помощью часов;
27. определение гороскопа для середины обитаемой части Земли;
28. определение перемен годов рождения и года мира;
29. определение градуса восхождения светила и его прохождения через меридиан;
30. определение восхождения, захождения и прохождения через меридиан некоторого светила во время дня и ночи;
31. определение широт северных городов, в которых горизонт касается эклиптики;
32. определение долготы твоего города;
33. определение азимута Солнца и других светил;
34. определение азимута киблы или азимута какого-нибудь города;
35. определение амплитуды востока произвольного градуса эклиптики;
36. проведение полуденной линии;
37. проведение полуденной линии с помощью азимута;
38. определение гороскопа с помощью азимута;
39. определение долгот и широт светил;
40. определение расстояний между светилами;
41. проектирование лучей по методу Птолемея с помощью специального тимпана;
42. проектирование лучей этим же способом на альмукантаратном тимпане;
43. проектирование лучей с помощью исправленного тимпана дирекций;
44. определение направлений домовладений с помощью пересечения предполагаемых положений с помощью специального тимпана;
45. определение направлений домовладений с помощью тимпана альмукантаратов;
46. определение тени, построенной на краю астролябии;
47. перевод этих трех видов теней друг в друга;
48. определение высоты и тени по данной из них;
49. определение этого с помощью ступенчатой тени;
50. определение времен молитв;
51. определение времени начала зари и окончания сумерек;

52. определение прямого синуса;
53. определение дуги прямого синуса;
54. определение обращенного синуса по дуге;
55. определение дуги по обращенному синусу;
56. определение синуса с помощью алидады, но без линии синусов на спинке астролябии;
57. определение дуги прямого синуса с помощью алидады;
58. определение обращенного синуса с помощью алидады;
59. определение дуги обращенного синуса с помощью алидады;
60. определение гороскопа с помощью тимпана горизонтов;
61. определение высоты башни, стены или горы;
62. определение расстояния до основания горы или башни, если известна их высота;
63. определение высоты горы и т. д. и расстояния до основания...
64. определение ширины долин с доступными границами и расстояния до доступного предмета на равнине;
65. определения расстояния между двумя недоступными предметами;
66. определение расстояния между двумя предметами, один из которых находится на ровной земле, а другой на возвышенности;
67. определение глубины колодца;
68. определение величины окружности Земли.

Как видим, наблюдательные методы описаны в пп. 1–2 и 16–18, 24 (всего их 6). Во всех других местах речь идет об интерпретации и преобразовании полученных результатов для достижения той или иной цели. Астрономическим расчетам посвящены методы 3, 7, 22, 25, 29, 30, 33, 35, 39–42 (всего их 12). Много задач по определению времени – в пп. 8–14, 50–51 (всего 9), по определению координат наблюдателя и его ориентации относительно священной Мекки – пп. 20–21, 31–32, 34, 36–37, 68 (всего 8). Действия с тригонометрическими функциями описаны в пп. 46–49, 52–59 (всего 12). Решению прикладных геодезических задач посвящены пп. 61–67 (всего 7). Значительная доля задач имеет астрологический уклон – это пп. 5–6, 15, 26–28, 38, 43–45, 60 (всего 11). Можно выделить также религиозное назначение – пп. 34, 50, 51 и все остальные методы определения времени. Порядок следования методов у Бируни трудно объяснить с точки зрения современной логики.

С некоторой долей условности распределим все приведенные у Бируни методы по их назначению (сумма не равна 100%, так как вычисление времени относится и к астрономическим, и к астрологическим, и к религиозным задачам) (см. табл. 5.1). Полученное распределение дает понимание задач, стоявших перед пользователем астролябии во времена Бируни. В другие эпохи и в других условиях соотношение задач могло быть иным.

Таблица 5.1 – Соотношение задач, решаемых с помощью астрологии, по ал-Бируни

	Сфера применения астрологии	Кол-во методов	Доля в процентах
1	наблюдательная астрономия	6	9%
2	вычислительная астрономия, включая вычисление времени	21	31%
3	география, включая топографию	15	22%
4	математика	12	18%
5	астрология, включая вычисление времени	20	29%
6	религиозное назначение, включая вычисление времени	10	15%
7	вспомогательные методы (№№ 4, 19, 23)	3	4%

В перечне ал-Бируни отсутствуют некоторые интересные методы, которые имеются у ал-Хорезми. Это определение долготы и широты Луны и пяти светил [планет] по измерению их высот, определение лунного восхода и определение гороскопа с помощью Луны. Ал-Хорезми описывает также специфический астрологический метод – перемена годов рождения (ежегодный гороскоп) [Ал-Хорезми, 1983b, с. 258, 263, 265].

У ал-Джили дополнительно к перечисленным рассматриваются вопросы определения времени наступления зари (сумерек), определение полюса мира и полюса эклиптики на небе, восхождение светил на земном экваторе [Абдуллазде, 1990, с. 199–208]. Во многих трактатах перечислялись и методы проверки самой астрологии, то есть положения ее центра тяжести, правильности нанесения всех шкал, включая градуировку лимбов и указателей звезд на пауке, симметричности алидады и т. п. Мы не будем рассматривать эти методы, поскольку они носят вспомогательный характер и обеспечивают правильность применения основных методов.

5.3 Определение времени – одна из главных задач, решаемых при помощи астрологии

Более детально рассмотрим ключевые методы, наиболее востребованные в практической деятельности ученых Средневековья – **определение текущего времени и нахождение гороскопа** – основного параметра предсказательной астрологии.

После того, как пользователь определил высоту какой-либо звезды (из числа тех, которые имеются на пауке) или Солнца, необходимо восстановить положение небесной сферы (паук) относительно сторон горизонта данной местности (тимпан). Предварительно нужно убедиться, что под пауком находится тимпан для данной широты или максимально близкий к данной широте. Тимпан зафиксирован в углублении корпуса. Сверху над ним свободно вращается паук – небесная сфера. На пауке необходимо найти указатель нужной звезды, а на тимпане линию высоты, соответствующей измеренной высоте звезды. Вращением паука звезда устанавливается на эту линию, или в промежуток между линиями, поскольку они проведены через дискретное значение градусов. Пользователь должен правильно интерполиро-

вать заданный линиями диапазон высот, а также понять – с восточной или западной стороны горизонта находится звезда (возможны два варианта решения задачи). В трактатах подробно описываются пути решения всех этих проблем.

Если паук правильно установлен, можно считать, что перед пользователем находится карта звездного неба на заданный момент времени. Важный ориентир для дальнейших действий – положение Солнца на эклиптике, вращающейся вместе с пауком. Эклиптика разделена на знаки зодиака и градусы. Пользователь должен знать в каком знаке зодиака в какое время года находится светило. Например, в начале Овна – 21 марта, в начале Рака – 20 июня. Скорость движения Солнца по эклиптике – примерно один градус в сутки. Так что можно отметить его положение в любую заданную дату года.

Ночью Солнце находится ниже горизонта. На тимпане в этой области проведены часовые линии. На арабских астролябиях это, чаще всего, линии неравных (сезонных) часов. Точка эклиптики, соответствующая положению Солнца, попадает в промежуток между часовыми линиями (они подписаны), по которым и можно определить время. Здесь также используется интерполяция, чтобы определить не только целый час, но и его долю.

Задача определения времени решена. В зависимости от характера нанесенных на тимпане линий, время измеряется в соответствующей системе счета времени (см. описание линий в разделе 3.3).

Второй вариант действий при определении времени возможен, если астролябия имеет вспомогательную линейку на лицевой стороне, которую можно использовать в качестве часовой стрелки. Линейка устанавливается так, чтобы ее край проходил через положение Солнца на эклиптике, тогда на внешнем лимбе (на корпусе астролябии) линейка отметит среднее солнечное время (в системе равных часов). Не всегда на внешнем лимбе имелась часовая шкала, но всегда можно было градусы пересчитать в часы.

Вторая ключевая задача – **определение гороскопа** – также уже решена. Достаточно найти точку пересечения эклиптики (на пауке) с линией восточного горизонта (она нанесена на тимпане). Это и будет значение гороскопа (или асцендента – восходящей точки эклиптики) на данный момент времени.

Продолжая вращение паука относительно линии горизонта, можно отметить моменты восхода и захода Солнца (соответствующей ему точки эклиптики), а значит продолжительности дня в данное время года. На поздних европейских астролябиях, дополнительно к линии горизонта наносилась сумеречная линия, при пересечении которой Солнце имело высоту -12° . Когда Солнце пересекает меридиан (вертикальную ось астролябии), можно определить его высоту над горизонтом, считывая соответствующее значение с линий высот (альмуқан-

таратов). Такие же данные можно получить для любой из звезд, указатель которой имеется на пауке.

Вопрос получения времени будет неполным без оценки точности этого процесса. Воспользуемся уравнением, связывающим как исходные данные: φ – широту места, δ – склонение Солнца или звезды, так и измеренное значение высоты h и искомое значение часового угла светила t (который является функцией времени):

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t.$$

Часовой угол t является функцией высоты h наблюдаемого светила. Дифференцирование данной формулы (если считать широту и склонение постоянными в момент измерения времени величинами) дает:

$$\cos h \cdot dh = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin t \cdot dt;$$

откуда, переходя к ошибкам

$$\Delta t = \cos h \cdot \Delta h / (\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin t).$$

Из этого соотношения мы видим, что 1) ошибка определения времени пропорциональна ошибке измерения высоты (что понятно и без формулы); 2) ошибка пропорциональна косинусу высоты, т.е. она максимальна вблизи горизонта и уменьшается с высотой; 3) ошибка обратнопропорциональна косинусу склонения, т.е. ошибка возрастает для околополярных звезд; 4) ошибка обратнопропорциональна косинусу широты, т.е. ошибка увеличивается для более северных мест; 5) ошибка максимальна в меридиане, где $\sin t$ стремится к нулю.

На практике ошибка определения времени зависит также от точности изготовления звездных указателей, точности нанесения сетки альмукуантаратов на тимпане, от возможности разглядеть шкалы при слабом ночном освещении, от точности дальнейших манипуляций с пауком и точности изготовления шкал на эклипнике, где необходимо найти положение Солнца. Видимо, максимальная точность определения времени с помощью астролябии не превышала 15-20 минут времени, а в граничных случаях, например при наблюдении низкой звезды вблизи меридиана ошибка могла достигать и одного часа [Devis, Lowne, 2015].

5.4 Определение высот и расстояний на местности

Особняком стоят задачи геодезических определений. При этом используется алидада для отсчета углов и квадрат теней для вычисления результата. Рассмотрим классическую задачу – определение высоты недоступного объекта. На иллюстрации из трактата Иоганна Штёффлера показан усложненный вариант, когда башня стоит на горе (рисунок 5.1). Проводятся измерения высоты вершины и основания башни. Каждая точка измеряется из двух положений [Stoeffler, 2007].

Рассмотрим вычисления для одной из точек. Пусть это будет вершина башни. Обозначим искомую высоту через h , два измеренных угла через α и β , а расстояние между точками наблюдения через Δ . Выразим высоту h из каждого треугольника (рисунок 5.2):

$$h = (x + \Delta) \operatorname{tg} \alpha; \quad h = x \operatorname{tg} \beta.$$

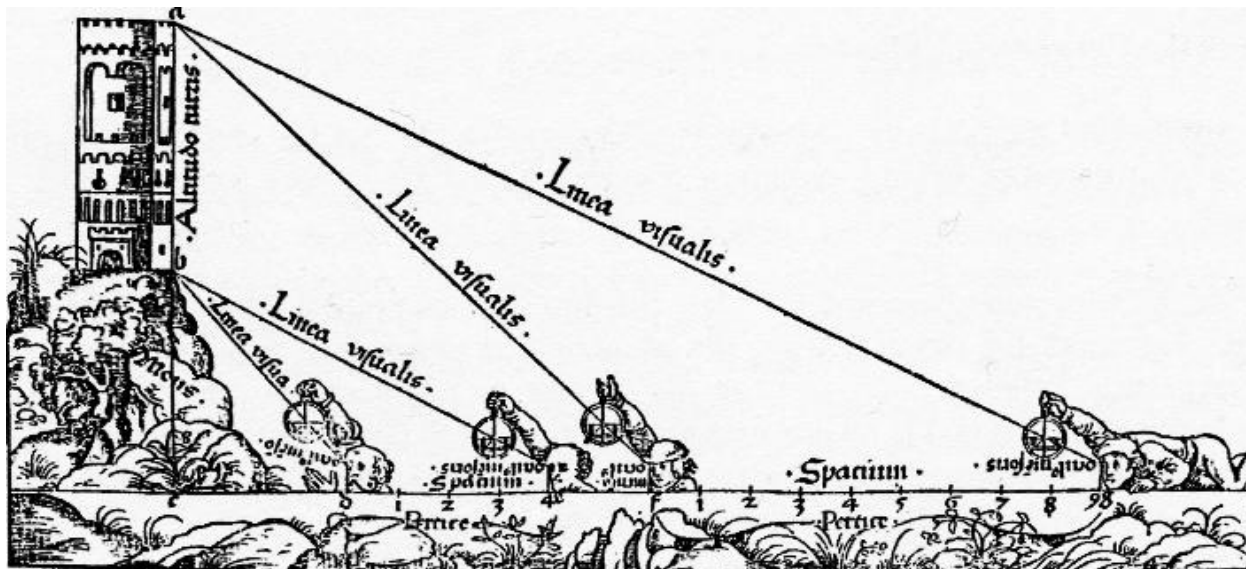


Рисунок 5.1 – Пример определения высоты башни, если ее основание недоступно

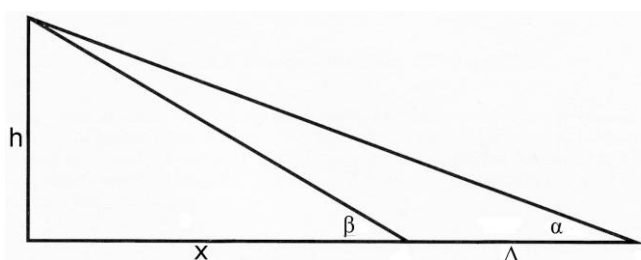


Рисунок 5.2 – Вычисление высоты по двум измерениям

Неизвестную величину x выразим из второго уравнения, подставим в первое и преобразуем уравнение. Тогда $h = \Delta \cdot \operatorname{tg} \alpha / (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha)$.

Для упрощения решения Бируни рекомендует смещаться между наблюдениями на такое расстояние, чтобы тангенс угла, отсчитываемый по шкале теней, изменился ровно на единицу, то есть чтобы $(\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha) = 1$ [Бируни, 1976, с. 161]. Тогда для вычисления искомой высоты h достаточно умножить смещение Δ (выраженное в шагах или метрах) на первый отсчет по шкале теней (это $\operatorname{tg} \alpha$), то есть $h = \Delta \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

То же самое проделываем для второй точки (основания башни). Разность между высотами двух точек и будет искомой высотой башни. Аналогично вычисляется глубина колодца, только смещение наблюдателя производится по вертикали (на высоту его роста, например) и применяется функция котангенса.

Ширина реки определяется еще проще. Вот как описывает процесс Бируни:

«Стань на берегу реки, повесь астролябию на правую руку и, смотря через отверстия обеих диоптров, поднимай алидаду до тех пор, пока не увидишь через оба отверстия диоптров то, что находится на том берегу против тебя. Затем поворачивайся, оставаясь на том же месте, до тех пор, пока твой взгляд не попадет на сушу, и, оставив алидаду в прежнем положении, посмотри через отверстия обоих диоптров на землю. Отметь место, которого достиг твой взгляд и измерь расстояние между твоим местом и этой отметкой, это и есть ширина реки» [Беруни, 1976, с. 160].

Смысл заключается в построении двух одинаковых треугольников в вертикальной плоскости – один с вершиной на другой стороне реки, а второй – с вершиной на своем берегу.

5.5 Использование универсальной и других типов астролябий

Что касается **универсальной астролябии**, она решает многие из классических задач с более высокой точностью, а также задачи, решение которых с помощью обычной планисферной астролябии затруднено или вовсе невозможно. Для ее понимания требуется большее пространственное воображение. Например, подвижная линейка может в зависимости от ситуации играть роль горизонта, экватора или эклиптики. А на диске отображены звезды, которые принадлежат как видимой, ближайшей к наблюдателю, полусфере, так и противоположной, невидимой.

Генри Мишель приводит такой список задач для универсальной астролябии [Michel, 1976, p. 93–96]:

- 1). поиск положения Солнца в зодиаке на заданную дату;
- 2). нахождение склонения Солнца по известной долготе;
- 3). определение широты места;
- 4). определение прямого восхождения и склонения звезды по известной долготе и широте (и обратный переход);
- 5). определение моментов восхода и захода Солнца на заданную дату;
- 6). определение времени по измеренной высоте Солнца или звезды;

В качестве примера рассмотрим решение характерной для такого вида астролябии задачи – определение времени восхода и захода Солнца в любой день года для любой широты. Линейка устанавливается в соответствии с широтой места, в примере на рисунке 5.3 это 39° . Брахиола с пальцем, укрепленные на линейке, в данной задаче не используются. Положение Солнца необходимо найти на эклиптике – наклонной линии, идущей под углом $23,5^\circ$ к экватору (горизонтальный диаметр инструмента). 20 мая, за день до перехода Солнца в знак Близнецов, долгота светила составляет 29° Тельца. Солнце находится на дуге склонения, равной $+20^\circ$ (значение отмечено на правом краю лимба). Эта дуга склонений пересекает ли-

нейку (горизонт) в точке, где часовой угол равен 4:50 (шкала часовых углов подписана, одному часу соответствуют три деления). На нижней шкале часовых углов найдем значение времени захода Солнца, это 7:10 (после полудня) или 19:10. Отметим, что эти значения симметричны относительно полдня. Соответственно, длина светового дня равна разности этих значений: $19:10 - 4:50 = 14:20$.

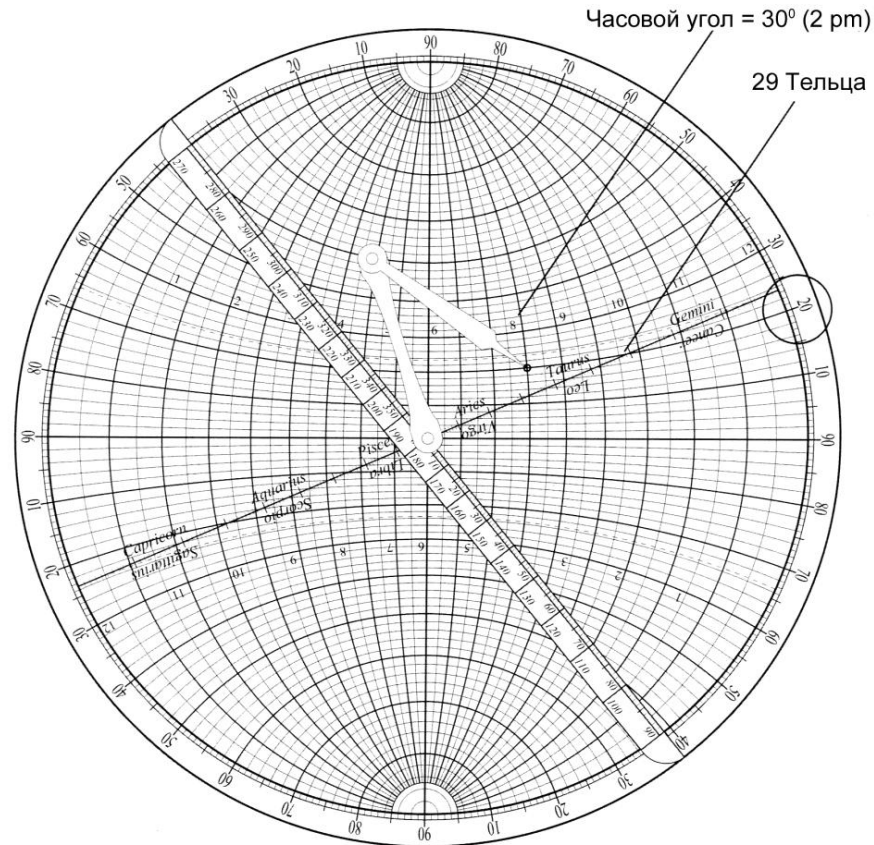


Рисунок 5.3 – Пример определения времени восхода и захода Солнца с помощью универсальной астролябии

Использование астролябий Рохаса и Ла Ира идентично применению универсальной астролябии. Малая линейка, которая движется перпендикулярно к основной линейке, позволяет нагляднее оперировать с координатными системами. На примере ниже (рисунок 5.4) показано положение Солнца 20 апреля (0° Тельца) на широте 42° . Требуется определить момент времени, когда Солнце достигнет высоты 30° над горизонтом. Большая и малая линейки представляют собой горизонтальную систему координат, а сетка линий на пластине – это экваториальная система координат. На нижней шкале мы видим, что высоты 30° Солнце достигнет в 4:00 после полудня.

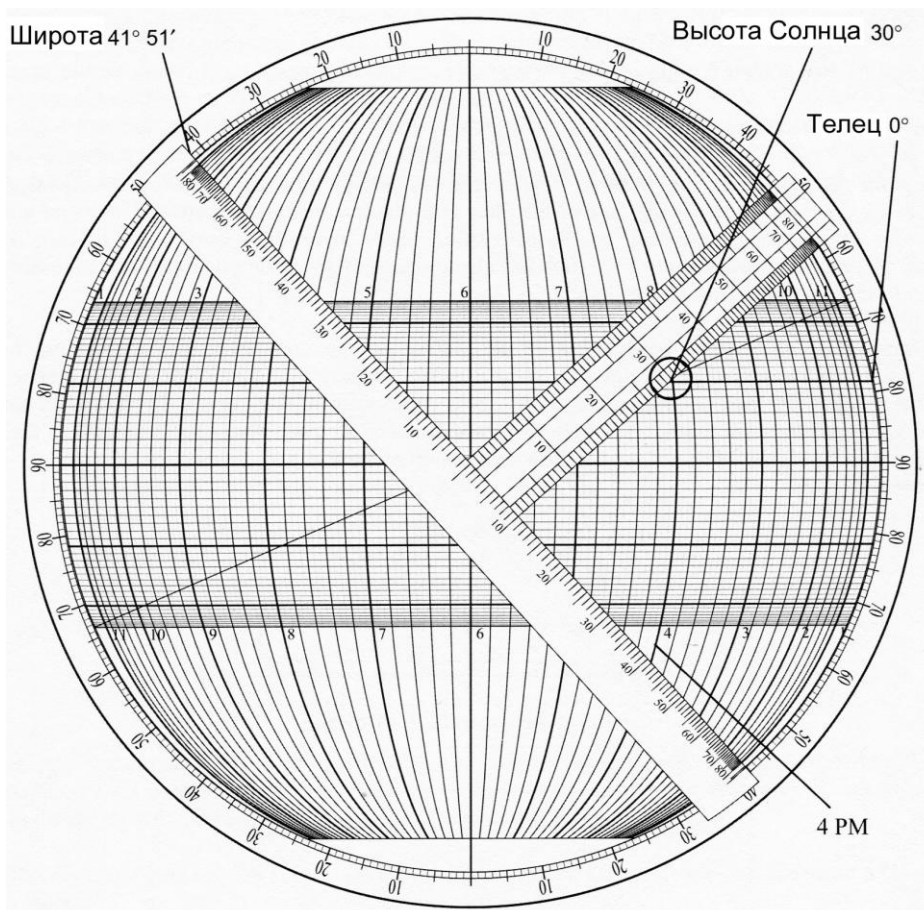


Рисунок 5.4 – Пример определения момента времени, когда Солнце достигнет высоты 30° над горизонтом

В XVI – XVII вв. в Европе нашли применение географические тимпаны. На такой пластине наносилась карта северного или реже южного полушария в стереографической проекции. С помощью такого тимпана можно было определить, например, разность долгот двух пунктов и, соответственно, разницу во времени между этими пунктами. Это тривиальная задача. Более интересно посмотреть, где и в какое время года Солнце или какая-либо звезда может находиться в зените [Michel, 1976, p. 86-87]. Пример такой карты имеется на астрольбии из ЦВММ (С.-Петербург) – см. А.12.

Использование некоторых других элементов астрольбии было описано в Главе 3 – это солнечные часы на алидаде (раздел 3.4), шкалы синусов и склонений на алидаде, шкалы солнечных высот и азимутов киблы на обороте восточных астрольбий (раздел 3.5).

5.6 Астрольбия как носитель культурологической информации

Планисферная астрольбия была востребована разными цивилизациями различных эпох, независимо от их социально-культурного и религиозного уклада. Помимо практического применения по своим прямым назначениям, перечисленным выше (см. таблицу 5.1), астрольбия использовалась и как произведение искусства, и как предмет религиозного поклонения и просто как изысканный подарок, говорящий о статусе своего владельца. Речь, в первую

очередь, о восточных астролябиях, на поверхности которых могли наноситься стихи персидских поэтов или религиозные тексты, а пауки состояли из такого вычурного переплетения растительных узоров, что практическое использование инструмента становилось просто невозможным.

Например, на поздней персидской астролябии Абд ал-Гафура (см. А.8) по боковому краю корпуса в 14-ти фигурных картушах¹⁹ выгравирована каллиграфически выполненная серия персидских стихов. В первом картуше написано: «это кубок Джам[шида]²⁰, который является вместилищем [небесной] сферы и звезд». Последующие стихи метафорически описывают различные компоненты астролябии – корпус, алидаду, кольцо, веревку и т. д. [Charette, 2005, p. 248].

Поверхность алидады этой астролябии вместо традиционных шкал покрыта каллиграфической надписью: *«Когда истратишь жизнь (когда станешь старым), тогда получишь опыт, и этот опыт поднимет тебя к звёздам»* (авторство не определено). Это указывает на то, что к 1780-м годам, времени изготовления этой астролябии, надобность в шкалах окончательно отпала, астролябия стала играть только представительскую роль, в данном случае как предмет искусства.

На недатированной персидской астролябии Мухаммада Халила (см. А.2) вдоль нижнего края лимба в картуше идет строка из поэмы «Гулистан» легендарного поэта XIII в. Саади. Это первая строка из второго раздела введения, которая часто встречается на персидских астролябиях, начиная с 1642–1643 г.: *«назначение этого творения – остаться после нас»* [Charette, 2005, p. 243–244; Gibbs, Saliba, 1984, p. 81].

На ободе астролябий, изготовленных в Персии на рубеже XVII–XVIII вв. тем же Мухаммадом Халилом (см. А.2 и А.3) нанесено славословие 12-ти шиитским имамам: *«Боже, благослави Мухаммада избранного и Али законного и семейство (?) Фатиму, ал-Хасана и ал-Хусейна, и благославленных Зайн ал-Абидина, Мухаммада ал-Бакира, Джафара ас-Садика, Мусу ал-Казима, Али ар-Рида, Мухаммада ат-Таки, Али ан-Наки ал-Хади, и Хасана ал-Аскар, и благославленного справедливого вечного судию Мухаммада ал-Махди, управляющего временем»*. Такой контент явно указывает на религиозные убеждения мастера и/или заказчика астролябии.

Изучения в культурологическом плане заслуживают также элементы декоративного оформления астролябий, дизайн пауков и указателей звезд, имена и нисбы²¹ мастеров и гра-

¹⁹ Картуш – декоративная рамка, содержащая какой-либо текст.

²⁰ Джамшид – царь, персонаж иранской мифологии.

²¹ Нисба – часть имени, указывающая на место рождения или проживания человека.

веров, почерк надписей и характер заполнения картушей, способы заполнения фона, применяемые шрифты и другие элементы [Иванов, 2014, с. 7–53].

Поздние европейские астролябии (особенно немецкие) часто несли на поверхности художественные гравюры, геральдические элементы и символы. Например, неизменным атрибутом астролябий Георга Хартмана был двуглавый орел, иногда присутствовали орлы с лицами людей. Другой пример – на обороте астролябии Айершоттеля, мастера из Нюрнберга, изображена фигура человека с инструментами и рифмованная надпись на старонемецком языке: «высокое качество обеспечивается использованием линейки, пера и делительного циркуля», что можно трактовать как своего рода знак качества (см. А.14).

Еще одно использование астролябии – в качестве географического справочника – рассматривалось в разделе 4.2. Другие справочные сведения, нанесенные на обороте астролябии, имеющие преимущественно астрологическое значение, описаны в приложении Б (триплитеты, деканы, термы, лунные стоянки).

В результате исследования, проведенного в данной главе, систематизированы многочисленные приемы работы с астролябией, очерчен круг возможных пользователей инструмента и локализованы типовые места его применения. Теперь у нас имеется вся необходимая информация для того, чтобы ввести в научный оборот сведения о планисферных астролябиях, хранящихся в российских музеях. Эта практическая часть диссертации вынесена в Приложение А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе рассмотрены различные аспекты появления и совершенствования на протяжении почти двух тысяч лет многофункционального научного инструмента – планисферной астролябии. Выделены основные периоды в истории астролябии, протекающие в различных регионах и сопровождающиеся процессами передачи от одной цивилизации к другой письменных трудов и самих научных инструментов. Исторический обзор охватывает период с III в. до н. э., когда появилась теоретическая основа построения астролябии, по XIX в., поставивший точку в изготовлении инструментов. Проанализирован обширный набор функций, которым обладали астролябии, очерчен круг предполагаемых пользователей инструмента. Описаны основные практические приемы использования астролябии, у которых большей частью было астрономическое, географическое и математическое назначение.

В ходе работы было изучено более двухсот источников по истории, о теоретическом обосновании и практическом использовании астролябии, в том числе на иностранных языках, выявлены новые источники. В частности, в научный оборот введены работы об астролябиях российского академика XIX в. Б. А. Дорна. Дорн был пионером изучения конкретных вещественных источников, т.е. планисферных астролябий, не только у нас в России, но и в Европе. На протяжении четверти века, с 1838 г. по 1865 г. он вновь и вновь возвращался к этой теме, хотя она и лежала за пределами его основной научной деятельности. Парадокс с его творческим наследием заключается в том, что работы об астролябиях были написаны им на немецком языке и лучше известны за рубежом, чем у нас в стране.

В диссертации подробно разобраны математические и астрономические основы устройства астролябии, начиная с теории планисферного проецирования. Изготовление каждого элемента конструкции, каждой шкалы и каждой линии на астролябии было строго регламентировано, хотя и оставляло мастерам простор для творческого самовыражения. Удивительно, но даже один и тот же мастер старался не повторяться при изготовлении новых инструментов. Конечно, эволюцию творческого развития того или иного мастера невозможно проследить только по российским астролябиям, их слишком мало. Важно, что наше исследование выполнено в русле работ зарубежных специалистов и позволяет дополнить и уточнить общую историческую картину. Для того, чтобы донести информацию о проводимых исследованиях до зарубежных коллег, опубликованы работы на английском языке, сделан доклад на международной конференции в Турине, организована переписка с ведущими специалистами по истории астрономических инструментов.

Важнейшее астрономическое содержание астрольбии – это звезды, указатели которых расположены на пауке. В диссертации детально изучен вопрос происхождения различных звездных списков и каталогов, особенно кратких списков, по которым мастера изготавливали паук астрольбии. Обнаружено, что первый краткий список 30 звезд составил Клавдий Птолемей и изложил в книге «Фазы неподвижных звезд», хотя и совсем по другому поводу – для предсказания погоды на основе наблюдения дат синодических явлений. На длительном временном промежутке между античностью и арабами сохранилась лишь одна работа, в которой список Птолемея был воспроизведен с небольшими изменениями. Это рукопись неизвестного автора, которая была написана в Риме в 379 г. н. э. и содержала также 30 звезд. В ходе диссертационной работы была показана связь этих списков с арабскими списками IX–X вв., составленными астрономами ал-Мамуна, ал-Фергани, ал-Хасибом и ас-Суфи. Упомянутая здесь таблица 30 звезд Хабаша ал-Хасиба ранее не исследовалась. Арабский вариант таблицы из отдела восточных рукописей берлинской государственной библиотеки (Ahlwardt no. 5750) доступен ныне в электронном виде, что позволило сделать перевод и отождествление звезд списка; для этого использовалась в числе прочего собственная вычислительная программа.

Практическим результатом диссертационного исследования является Каталог планисферных астрольбий из российских музеев. Каталог оформлен в виде приложения к диссертации. Он содержит сведения об особенностях проведения работ на территории музеев, методику исследования инструментов, пути выработки единого формата представления данных. Каждая из четырнадцати российских астрольбий представляется важным вещественным источником по истории науки XVI – XVIII вв. Описание не претендует на исчерпывающую полноту и содержит основные физические данные каждого инструмента, фотографии основных узлов, технические особенности. Наиболее интересны надписи на инструментах, содержащие и научные термины, и религиозные тексты, и художественные стихи, и автографы мастеров, и посвящения заказчикам.

Впервые российские планисферные астрольбии в данной диссертации рассматриваются комплексно, так что имеется возможность сравнивать их и формировать, при необходимости, общие экспозиции. Таким образом, информация об этих научных инструментах вводится в научный оборот, а через публикации на английском языке становится доступна и зарубежным ученым и может быть включена в общий реестр астрономических инструментов (начало работы над которым положил Дэвид Кинг).

В ходе работы над диссертацией был обнаружен неизвестный исследователям инструмент. Это комбинированная итальянская астрольбия, хранящаяся в Центральном военноморском музее (см. А.12), которая еще ждет дополнительных исследований для точной иден-

тификации имени мастера. В числе российских астролябий обнаружены уникальные инструменты, не имеющие аналогов в мире. Во-первых, это самая большая в мире хорошо сохранившаяся деревянная лакированная астролябия (№ 7), во-вторых, восточная астролябия, содержащая необычную для персидских мастеров проекцию Рохаса (№ 5). Каждый из перечисленных инструментов, а также и другие астролябии из числа включенных в Каталог, достойны дополнительных исследований уже за пределами данной диссертации.

Диссертационное исследование и Каталог предоставляют практическую информацию для специалистов тех российских музеев, в фондах которых хранятся планисферные астролябии. Сотрудники музеев получают возможность точно определить роль и место этих инструментов в структуре музейных экспозиций, систематизированных по географическим, временным или иным параметрам.

В нашей стране с 1989 г. астролябии не изучались. Поэтому данная диссертация и опубликованные в ходе ее подготовки статьи призваны заполнить образовавшийся пробел и придать импульс исследованиям научных инструментов прошлого. Задачи, поставленные в начале исследования, выполнены, цель достигнута.

Автор благодарит сотрудников музеев, оказавших содействие в проведении исследования: кандидата исторических наук М. М. Дандамаеву, кандидата исторических наук А. А. Иванову, Г. Б. Ястребинского (Эрмитаж), Г. М. Рогачева (Центральный военно-морской музей), кандидата исторических наук М. А. Янес и О. Доманскую (Кунсткамера), кандидата исторических наук М. В. Кулланду, В. Р. Черкасова, И. И. Шептунову (музей Востока), кандидата технических наук Т. В. Илюшину (музей МИИГАиК).

Весьма важным оказалось общение с опытными исследователями, уделившим автору диссертации немало времени – это проф. Пауль Кунитш (Prof. Paul Kunitzsch) (Мюнхен), проф. Раджа Сарма (Prof. Sreeramula Rajeswara Sarma) (Дюссельдорф), проф. Мохаммад Багери (Mohammad Bagheri) (Тегеран).

Автор выражает глубокую признательность за многостороннюю неоценимую помощь своему научному руководителю кандидату физико-математических наук Геннадию Евсеевичу Куртику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдуллазаде, Х. Ф. Кушйар Джили / Х. Ф. Абдуллазаде. – Душанбе : Дониш, 1990. – 270 с.
- Абдурахманов, А. Трактат ал-Бируни «Исчерпание различных способов в искусстве астролябии» / А. Абдурахманов // Труды XIII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР. – М., 1970. – С. 115–120.
- Ал-Хорезми, М. ибн Муса. Астрономические трактаты / М. ибн Муса Ал-Хорезми; вступ. ст., пер., коммент. А. Ахмедов. – Ташкент : ФАН. 1983. – 143 с.
- Ал-Хорезми, М. ибн Муса. Математические трактаты / М. ибн Муса Ал-Хорезми; пер.: Ю. Х. Копелевич, Б. А. Розенфельд; под ред. Г. П. Матвиевской. – Ташкент : ФАН. 1983. – 306 с.
- Андреев, П. Низшая геодезия. Руководство к правильному производству съемок и нивелирования / П. Андреев. М., 1857. – 389 с.
- Астрономический календарь. Постоянная часть / отв. ред. В. К. Абалакин. – Изд. 7-е, перераб.. – М. : Наука, 1981. – 704 с.
- Атагарриев, М. Н. Применение стереографической проекции к определению азимута кыблы: ал-Беруни, ал-Чагмини и ат-Туркумани / М. Н. Атагарриев // Историко-математические исследования. – М., 1985. – Вып. 29. – С. 44–47.
- Ахмедов, А. Кто изобрел астролябию «заркала» / А. Ахмедов, Б. А. Розенфельд // Обществ. науки в Узбекистане. – 1981. – № 8. – С. 47–48.
- Белый, Ю. А. Иоганн Мюллер (Региомонтан) (1436–1476) / Ю. А. Белый ; отв. ред.: А. А. Михайлов, Б. А. Розенфельд. – М. : Наука. 1985. – 128 с.
- Бернал, Дж. Наука в истории общества / Дж. Бернал. – М. : Изд-во иностр. лит., 1956. – 736 с.
- Берри, А. Краткая история астрономии / А. Берри ; ред. Р. В. Куницкий. – 2-е изд. – М.; Л. : Гостехиздат, 1946. – 363 с.
- Беруни, А. Р. Избранные произведения. Т. 5, ч. 1. Канон Масуда (кн. I–V) / А. Р. Беруни; ред.: С. Х. Сираждинов, Г. П. Матвиевская. – Ташкент : ФАН, 1973. – 647 с.
- Беруни, А. Р. Избранные произведения. Т. 5, ч. 2. Канон Масуда (кн. VI–XI) / А. Р. Беруни; ред.: С. Х. Сираждинов, Г. П. Матвиевская. – Ташкент : ФАН, 1976. – 634 с.
- Беруни, А. Р. Избранные произведения. Т. VI. Книга вразумления начаткам науки о звездах / А. Р. Беруни; вступ. ст., пер., прим. Б.А. Розенфельд [и др.]. – Ташкент : ФАН, 1975. – 328 с.
- Большакова, К. Г. Сферическая астролябия ар-Рудани / К. Г. Большакова, Н. И. Невская, Б. А. Розенфельд // Историко-астрономические исследования. – М., 1983. – Вып. 16. – С. 235–255.
- Браун, Л. А. История географических карт / Л. А. Браун. – М. : Центрполиграф, 2006. – 479 с.

- Ван дер Варден, Б. Л. Пробуждающаяся наука. Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции / Б. Л. Ван дер Варден ; пер. И. Н. Веселовского. – М. : Физматгиз, 1959. – 459 с.
- Вахабов, С. А. Математические методы, применяющиеся в трактатах Беруни об астролябиях: дис. ... канд. физ.-мат. наук : 07.00.10 / С. А. Вахабов. – М., 1989. – 128 с.
- Вахабов, С. А. Новый трактат Бируни об астролябиях // С. А. Вахабов // Сб. науч. тр. / Ташкент. гос. ун-т. – Ташкент, 1977. – № 548. – С. 17–21.
- Вахабов, С. А. Проективные преобразования в трактате ал-Бируни об астролябии / С. А. Вахабов // Историко-математические исследования. – М., 1990. – Вып. 32/33. – С. 339–344.
- Вахабов, С. А. Четвертый трактат аль-Бируни об астролябиях / С. А. Вахабов // Труды XVIII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР. – М., 1978. – С. 3–8.
- Вахрамеев, Л. А. Математическая картография : учебник для вузов / Л. А. Вахрамеев, Л. М. Бугаевский, З. Л. Казакова. – М. : Недра, 1986. – 286 с.
- Витрувий, М. П. Десять книг об архитектуре / М. П. Витрувий ; пер. А. И. Венедиктова, В. П. Зубова, Ф. А. Петровского. – М. : Изд-во Акад. архитектуры, 1938. – 331 с.
- Воронцов-Вельяминов, Б. А. Очерки истории астрономии в России / Б. А. Воронцов-Вельяминов. – М. : Гос. Изд-во техн.-теорет. лит., 1956. – 372 с.
- Гольденберг, Л. А, Постников, А. В. Петровские геодезисты и первый печатный план Москвы / Л. А. Гольденберг, А. В. Постников. – М. : Недра, 1990. – 160 с.
- Еремеева, А. И. История астрономии (основные этапы развития астрономической картины мира) / А. И. Еремеева, Ф. А. Цицин. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 348 с.
- Жаров, В. Е. Сферическая астрономия : учебник для студентов вузов / В. Е. Жаров. – Фрязино, 2006. – 480 с.
- Звездный каталог ал-Бируни с приложением каталогов Хайяма и ат-Туси : пер. Б. А. Розенфельд [и др.] // Историко-астрономические исследования. – М., 1962. – Вып. 8. – С. 83–192.
- Иванов, А. А. Медные и бронзовые (латунные) изделия Ирана второй половины XIV – середины XVIII века : кат. коллекции / А. А. Иванов. – СПб. : Гос. Эрмитаж. 2014. – 302 с.
- Илюшина, Т. В. Из истории учебно-геодезического музея МИИГАИК / Т. В. Илюшина // Геопрофи. – 2007. – № 1. – С. 63–66.
- Илюшина, Т. В. От буссоли до астролябии [Электронный ресурс] / Т. В. Илюшина // Наука в России. – 2007. – № 3 – Режим доступа: <http://www.den-za-dnem.ru/page.php? article=384> (дата обращения 12.04.2016).
- Карпова, Л. М. Трактат ас-Сагани о способе проектирования сферы на плоскость астролябии / Л. М. Карпова, А. К. Таги-Заде / Труды XV научной конференции аспирантов и млад-

- ших научных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР. – М., 1972. – С. 77–81.
- Куртик, Г. Е. Комментарии / Г. Е Куртик, М. М. Рожанская, Г. П. Матвиевская // Птолемей К. Альмагест или Математическое сочинение в тринадцати книгах. – М., 1998. – С. 463–643.
- Куртик, Г. Е. Теория восхождения и нисхождения Сабита ибн Корры / Г. Е Куртик // Историко-астрономические исследования. – М., 1986. – Вып. 18. – С. 111–150.
- Куртик, Г. Е. Теория прецессии в античной и средневековой науке : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 07.00.10 / Г. Е Куртик. – М., 1984. – 214 с.
- Куртик, Г. Е., Матвиевская, Г. П. Птолемей и его астрономический труд / Г. Е Куртик // Птолемей К. Альмагест или Математическое сочинение в тринадцати книгах. – М., 1998. – С. 429–451.
- Кусов, В. С. Измерение Земли. История геодезических инструментов / В. С. Кусов. – М. : Дизайн. Информация. Картография, 2009. – 256 с.
- Летопись Кунсткамеры. 1714–1836 / авт.-сост. М. Ф. Хартанович, М. В. Хартанович ; отв. ред.: Н. П. Копанева, Ю. К. Чистов. – СПб. : МАЭРАН, 2014. – 740 с.
- Лютер, И. О. Геометрические преобразования на Средневековом Востоке : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 07.00.10 / И. О. Лютер. – М., 1992. – 150 с.
- Масликов, С. Ю. (2014а) История изучения астролябий в России / С. Ю. Масликов // Вопросы истории естествознания и техники. – 2014. – Вып. 3. – С. 22–33.
- Масликов, С. Ю. (2014b) Перевод и сравнительный анализ таблицы звезд арабского астронома IX в. Хабаша ал-Хасиба / С. Ю. Масликов // Архивное востоковедение : материалы III Междунар. науч. конф. – М., 2014. – С. 91–92.
- Масликов, С. Ю. (2014с) Работы востоковеда Б. А. Дорна, посвященные планисферным астролябиям / С. Ю. Масликов // Архивное востоковедение : материалы III Междунар. науч. конф. – М., 2014. – С. 90–91.
- Масликов, С. Ю. (2015а) Неизвестные работы востоковеда Б. А. Дорна, посвященные арабским астролябиям / С. Ю. Масликов // Вестн. НГУ. Сер.: История, филология. – 2015. – Т. 14, вып. 10. – С. 117–124.
- Масликов, С. Ю. (2015b) От звездных каталогов к таблицам и спискам звезд для астролябий / С. Ю. Масликов // Историко-астрономические исследования. – М.: Физматлит, 2015. – Вып. 38. – С. 69–99.
- Масликов, С. Ю. (2016а) Астролябия Петра Первого / С. Ю. Масликов // Земля и Вселенная. – 2016. – №3. – С. 75–85.
- Масликов, С. Ю. (2016b) Как графометр стал астролябией / С. Ю. Масликов // Историко-астрономические исследования. – Дубна : Феникс+, 2016. – Вып. 39. – С. 152–171.

- Масликов, С. Ю. (2016с) Три европейские школы изготовления астролябий, представленные в трех музеях Санкт-Петербурга / С. Ю. Масликов // *Вопр. истории естествознания и техники*. – М., 2016. – Т. 34, № 4. – С. 468–483.
- Матвиевская, Г. П. Абд ар-Рахман ас-Суфи и его роль в истории астрономии / Г. П. Матвиевская // *Историко-астрономические исследования*. – М., 1983. – Вып. 16. – С. 93–138.
- Матвиевская, Г. П. Абд ар-Рахман ас-Суфи. 903-986 / Г. П. Матвиевская; ред. М. М. Рожанская. – М. : Наука, 1999. –100 с.
- Матвиевская, Г. П. Математики и астрономы мусульманского Средневековья и их труды (VIII–XVII вв.). Кн. 1–3 / Г. П. Матвиевская, Б. А Розенфельд ; отв. ред. А. П. Юшкевич. – М. : Наука. Гл. ред. вост. лит., 1983. – Кн. 1 : Вступительная статья. Справочный раздел. – 479 с. ; Кн. 2 : Математики и астрономы, время жизни которых известно. –650 с. ; Кн. 3: Математики и астрономы, время жизни которых неизвестно. Анонимные сочинения. Указатели. –372 с.
- Матвиевская, Г. П. Очерки истории тригонометрии: Древняя Греция. Средневековый Восток. Позднее Средневековье / Г. П. Матвиевская ; ред. С.Х. Сираждинов. – 2-е изд. – М. : Либроком, 2012. – 160 с.
- Матвиевская, Г. П.. Улугбек. 1394–1449 / Г. П. Матвиевская, З. Соколовская ; отв. ред. М. М. Рожанская. – М. : Наука, 1997. –153 с.
- Меёс, Ж. Астрономические формулы для калькуляторов / Ж. Меёс. – М. : Мир, 1988. – 168 с.
- Назаров, Л. С. Теодолит-астролябия Шперлинга / Л. С. Назаров // *Памятники науки и техники в музеях России*. – М., 2005. – Вып. 4. – С. 98–99.
- Невская, Н. И. Забытая статья Ж.-Н. Делиля по восточной астрономии / Н. И. Невская // *Вопросы истории астрономии*. – М., 1974. – Сб. 3. – С. 94–123.
- Невская, Н. И. Петербургская астрономическая школа XVIII в. / Н. И Невская ; отв. ред. К. Ф. Огородников. – Л. : Наука, 1984. – 238 с.
- Новокшанова (Соколовская), З. К. Профессор астрономии и математики Корнелий Христианович Рейссиг / З. К. Новокшанова (Соколовская) // *Историко-астрономические исследования*. – М., 1969. – Вып. 10. – С. 159–183.
- Новокшанова, З. К. Геодезия в России 19 – начала 20 в. : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 25.00.32 / З. К. Новокшанова (Соколовская). – М, 1957. – 20 с.
- Новокшанова-Соколовская, З. К. Геодезические и мореходные инструменты / З. К. Новокшанова (Соколовская) // *Научные приборы исторического значения*. – М., 1968. –С. 105–160.

- Осипов, М. Астролябия планисфера или Персидско-арабская астролябия : отгиск из протоколов и сообщ. Туркестан. кружка любителей археологии за 1909 г. / М. Осипов. – Ташкент : Тип. при канц. Турк. Г.-Губернатора, 1910. – 19 с.
- Павлова, Г. Е. Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765) / Г. Е. Павлова, А. С. Федоров ; отв. ред. Е. П. Велихов. – М. : Наука, 1986. – 465 с.
- Паннекук, А. История астрономии / А. Паннекук ; ред.: Б. В. Кукаркин, П. Г. Куликовский. – М. : Наука, 1966. – 590 с.
- Пергский, А. Конические сечения с комментариями Эвтокия / А. Пергский ; пер. И. Ягодинского // Изв. Сев.-Кавказ. гос. ун-та. – 1928. – Т. 3. – С. 130–152.
- Платонов, С. Ф. Что такое "цыркуль-зем"? / С. Ф. Платонов // Записки Историко-бытового отдела Государственного Русского музея. – Л., 1928. – С. 1–8.
- Плахов, Ю. В. Астролябия Эслинга 1716 года / Ю. В. Плахов // Памятники науки и техники в музеях России. – М., 1996. – Вып. 2. – № 31.
- Птолемей, К. Альмагест или Математическое сочинение в тринадцати книгах / К. Птолемей ; науч. ред. Г. Е. Куртик ; пер. с древнегреч. И. Н. Веселовского ; Рос. акад. наук, Ин-т истории естествознания и техники. – М. : Наука. Физматлит, 1998. – 672 с.
- Рогачев, Г. М. Более четырех веков забвения. Неизвестная астролябия эпохи Возрождения / Г. М. Рогачев // Мир музея. – 2003. – № 3. – С. 54–57.
- Рожанская, М. М. Абу-л-Фатх Абд ар-Рахман ал-Хазини. XII век / М. М. Рожанская ; отв. ред. Г. П. Матвиевская. – М. : Наука, 1991. – 190 с.
- Рожанская, М. М. Насир ад-Дин ат-Туси и его труды по математике и астрономии в библиотеках Санкт-Петербурга, Казани, Ташкента и Душанбе / М. М. Рожанская, Г. П. Матвиевская, И. О. Лютер. – М. : Вост. лит. РАН, 1999. – 142 с.
- Розенфельд, Б. А. Ахмад ал-Фергани. IX век / Б. А. Розенфельд, Н. Д. Сергеева ; отв. ред. М. М. Рожанская. – М. : Наука, 1998. – 86 с.
- Розенфельд, Б. А. Абу-р-Райхан ал-Бируни. 973–1048 / Б. А. Розенфельд, М. М. Рожанская, З. К. Соколовская. – М. : Наука, 1973. – 268 с.
- Розенфельд, Б. А. Аполлоний Пергский / Б. А. Розенфельд. – М. : Моск. центр непрерыв. мат. образования, 2004. – 176 с.
- Розенфельд, Б. А. Астролябии Бируни / Б. А. Розенфельд, А. К. Таги-Заде // Земля и Вселенная. – 1973. – № 5. – С. 69–71.
- Розенфельд, Б. А. Астрономический труд ал-Бируни «Канон Мас'уда» / Б. А. Розенфельд, М. М. Рожанская // Историко-астрономические исследования. – М., 1969. – Вып. 10. – С. 63–95.

- Розенфельд, Б. А. Об астрономических трактатах ал-Фергани / Б. А. Розенфельд, И. Г. Добровольский, Н. Д. Сергеева // Историко-астрономические исследования. – М., 1972. – Вып. 11. – С. 191–210.
- Розенфельд, Б. А. Сабит ибн-Корра / Б. А. Розенфельд, Н. Г. Хайретдинова ; отв. ред. А. А. Гурштейн. – М. : Наука, 1994. – 179 с.
- Розенфельд, Б. А. Трактаты Беруни об астролябиях / Б. А. Розенфельд, А. Абдурахманов // Беруни. К 1000-летию со дня рождения. – Ташкент, 1973. – С. 85–89.
- Садыков, Х. У. Бируни и его работы по астрономии и математической географии / Х. У. Садыков ; ред. Б. В. Кукаркин. – М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1953. – 152 с.
- Святский, Д. О. Очерки истории астрономии в Древней Руси. Ч. 3 / Д. О. Святский // Историко-астрономические исследования. – М., 1966. – Вып. 9. – С. 5–124.
- Сергеева, Н. Д. Астрономические труды ал-Хорезми и ал-Фергани : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 07.00.10 / Н. Д. Сергеева. – М., 1973. – 10 с.
- Сергеева, Н. Д. Доказательство ал-Фергани основной теоремы о стереографической проекции / Н. Д. Сергеева, Л. М. Карпова // Вопр. истории естествознания и техники. – 1972. – Вып. 40. – С. 50–53.
- Сергеева, Н. Д. Трактат ал-Фергани об астролябии / Н. Д. Сергеева // Труды XIII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР. – М., 1970. – С. 44–47.
- Сираждинов, С. Х. Абу Райхан Беруни и его математические труды : пособие для учащихся / С. Х. Сираждинов, Г. П. Матвиевская. – М. : Просвещение, 1978. – 95 с.
- Сираждинов, С. Х. Математика и астрономия у Беруни / С. Х. Сираждинов, Г. П. Матвиевская, А. Ахмедов. – Ташкент : ФАН, 1973. – 48 с.
- Смирнов, С. В. Астролябия Московского Музея восточных культур / С. В. Смирнов // Историко-астрономические исследования. – М., 1969. – Вып. 10. – С. 311–330.
- Султонов, М. Б. Становление и развитие персидско-таджикской научной терминологии (на материале научного наследия IX – XI вв.) : дис. ... докт. филолог. наук : 10.02.22 / М. Б. Султонов. – Душанбе., 2008. – 323 с.
- Таги-Заде, А. К. (1974а) Из истории изобретения астролябии / А. К. Таги-Заде // Вопр. истории естествознания и техники. – 1974. – Вып. 4. – С. 42–45.
- Таги-Заде, А. К. Астролябии ас-Сагани, ал-Бируни, ас-Сиджизи и аз-Заркали / А. К. Таги-Заде // Труды XVII Международного конгресса по истории науки. Секц. 3, 4. – М., 1974. – С. 143–146.
- Таги-Заде, А. К. Астролябии средневекового Востока / А. К. Таги-Заде, С. А. Вахабов // Историко-астрономические исследования. – М., 1975. – Вып. 12. – С. 169–204.

- Таги-Заде, А. К. Квадранты средневекового Востока / А. К. Таги-Заде // Историко-астрономические исследования. – М., 1976. – Вып. 12. – С. 183–200.
- Таги-Заде, А. К. Математические методы, применявшиеся при изготовлении астрономических инструментов учеными средневекового Востока после ал-Бируни / А. К. Таги-Заде // Труды XVI научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР. – М., 1973. – С. 57–69.
- Таги-Заде, А. К. Математические методы, применявшиеся при конструировании астрономических инструментов на средневековом Востоке : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 07.00.10 / А. К. Таги-Заде. – М., 1974. – 13 с.
- Тетерин, Г. Н. История геодезии (до XX в.) / Г. Н. Тетерин. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 300 с.
- Тллашев, Х. Трактаты Абу Насра ибн Ирака об астролябии / Х. Тллашев, С. А. Рамазанова // Математика и астрономия в трудах ученых средневекового Востока. – Ташкент, 1977. – С. 89–97.
- Туманян, Б. Е. Армянская астролябия конца XVII века / Б. Е. Туманян // Историко-астрономические исследования. – М., 1959. – Вып. 5. – С. 231–248.
- Улугбек, М. Т. «Зидж» Новые Гурагановы астрономические таблицы / М. Т. Улугбек ; вступ. ст., пер., коммент. и указ. А. А. Ахмедова. – Ташкент : ФАН, 1994. – 456 с.
- Хайруллаев, М. М.. Абу Абдалах ал-Хорезми. X век / М. М. Хайруллаев, Р. М. Бахадиров ; отв. ред. У. И. Каримов, В.В. Соколов. – М. : Наука, 1988. – 144 с.
- Хинц, В. Мусульманские меры и веса с переводом в метрическую систему / В. Хинц, Е. А. Давидович // Материалы по метрологии средневековой Средней Азии. – М. : Наука, 1970. – 148 с.
- Ченакал, В. Л. Астролябия Гуалтеруса Арсениуса из собрания Музея М. В. Ломоносова / В. Л. Ченакал // Историко-астрономические исследования. – М., 1961. – Вып. 7. – С. 289–296.
- Ченакал, В. Л. Квадранты и астролябии / В. Л. Ченакал // Научные приборы исторического значения. – М., 1968. – С. 40–44.
- Ченакал, В. Л. Научные инструменты / В.Л Ченакал // Памятники русской культуры первой четверти XVIII века в собрании Государственного ордена Ленина Эрмитажа : каталог. – Л. ; М., 1966. – С. 143–154.
- Ченакал, В. Л. Русские приборостроители первой половины XVIII века / В. Л. Ченакал. – Л. : Ленинград. газ.-журн. и кн. изд-во, 1953. – 256 с.
- Шевченко, М. Ю. Звездный каталог Клавдия Птолемея / М. Ю. Шевченко // Историко-астрономические исследования. – М., 1988. – Вып.20. – С. 167–186.
- Щеглов, Д. А. Долготы в географии Птолемея: почему его карта мира выглядит растянутой с запада на восток? / Д. А. Щеглов // Вопр. истории естествознания и техники. – 2015. – Т. 36, № 2. – С. 209–239.

- Щеглов, Д. А. Предыстория Географии Птолемея / Д. А. Щеглов // Аристей: вестн. класс. филологии и античной истории. – М., 2014. – Т. 10. – С. 82–131.
- Юшкевич, А. П. История математики в Средние века / А. П. Юшкевич ; отв. ред. Б. А. Розенфельд. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. – 448 с.

* * *

- Ackermann, S. Astrological scales on the National Maritime Museum astrolabes / S. Ackermann // Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum. – Greenwich. 2005. – P. 73–89.
- Anonymous of 379. The treatise on the bright fixed stars [Электронный ресурс] // Project Hihgsight. – Режим доступа: http://www.projecthindsight.com/archives/hellenistic_%20contents/anon379.html (дата обращения: 10.06.2016).
- Arabische Instrumente in orientalistischen Studien: Astronomische Instrumente Publikationen. 1805–1931. 6 vol. / F. Sezgin. – Frankfurt am Main : Inst. Geschichte der Arab.-Islam. Wissenschaften, 1990–1991. – Vol. 1 : (1805–1865). – 1990. – 498 p. ; Vol. 2 : (1858–1892). – 1991. – 422 p. ; Vol. [1] : (1893–1917). – 1991. – 423 p. ; Vol. [2] : (1918–1925). – 1991. – 431 p. ; Vol. [3] : (1926–1931). – 1991. – 418 p.
- Astrolabe catalogue [Электронный ресурс] // Museum of History of Science, University of Oxford. – Режим доступа: www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/catalogue (дата обращения: 12.04.2016)
- Biographical encyclopedia of astronomers / ed. V. Trimble [et al]. –Springer Science & Business Media. 2007. –1348 p.
- Calvo, E. A study of the use of Ibn Bāṣo’s universal astrolabe plate / E. Calvo// Arch. Intern. d’Histoire des Sciences. – 2000. – Vol. 50. – P. 264–295.
- Charette, F. Catalogue of Eastern astrolabes / F. Charette // Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum. – Greenwich. 2005. – P. 210–319.
- Charette, F. The locales of Islamic astronomical instrumentation / F. Charette // History of Science. – 2006. – №. 44. – P. 123–138.
- Charette, F. Mathematical instrumentation in fourteenth-century Egypt and Syria: The illustrated treatise of Najm Al-Din Al-Misri / F. Charette. – Leiden : Boston : BRILL, 2003. – XXII, 566 p. – (Islamic Philosophy, Theology, and Science).
- Companion encyclopedia of the history & philosophy of the mathematical sciences. Vol. 2 / ed. I. Grattan-Guinness. – London; New York : Routledge, 1994. –1806 p.
- Danti, E. Trattato dell'uso et della fabbrica dell'astrolabio. Con l'aggiunta del planisferio del Roias; Le Scienze matematiche ridotte in tavole / E. Danti. – Florence, 1569. – 194+38 p.

- Davis, J., Lowne, M. An early English astrolabe at Gonville & Caius college, Cambridge, and Walter of Elveden's kalendarium / J. Davis, M. Lowne // *J. for History of Astronomy*. – 2015. – Vol. 46, № 3. – P. 257–290.
- De Rojas Sarmiento, J. *Commentariorum in astrolabium quod planispherium vocant libri sex nunc primum in lucem editi* / De Rojas Sarmiento. – Paris, 1550. – [24], 281, [15] p.
- De Solla Price, D. J. An ancient Greek computer / D. J. De Solla Price // *Sci. Amer.* – 1959. – Vol. 200. – P. 60–67.
- De Solla Price, D. J. An International checklist of astrolabes / D. J. De Solla Price // *Arch. Intern. d'Histoire des Sciences*. – 1955. – Vol. 8, № 32. – P. 243–263 ; № 33. – P. 363–381.
- De Solla Price, D. J. Clockwork before the clock / D. J. De Solla Price // *Horol. J. for Antiquarian Horol. Soc.* – 1955. – Vol. 97. – P. 810.
- De Solla Price, D. J. Islamic astrolabes and their works by L. A. Mayer / D. J. De Solla Price // *Isis*. – 1957. – Vol. 48, pt. 4. – P. 491–492.
- De Solla Price, D. J. Portable sundials in antiquity, including an account of a new example from aphrodisias / D. J. De Solla Price // *Centaurus*. – 1969. – Vol. 14, № 1. – P. 242–266.
- Dekker, E. Exploring the retes of astrolabes / E. Dekker // *Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum*. – Greenwich, 2005. – P. 47–71.
- Destombes, M. *Globes Célestes et catalogues d'étoiles orientaux du Moyen age* / M. Destombes // *Acte du VIII Congrès International d'Histoire des Sciences*. – Florence, 1956. – P. 313–324.
- Destombes, M. Note sur le catalogue d'Etoiles du calife al-Mamoun / M. Destombes // *Acte du VIII Congrès International d'Histoire des Sciences*. – Florences, 1956. – P. 309–312.
- Devis, J., Lowne, M. An early English astrolabe at Gonville & Caius College, Cambridge, and Walter of Elveden's Kalendarium / J. Devis, M. Lowne // *Journal for the History of Astronomy*. – 2015. – Vol. 46 (3). – P. 257–290.
- Dictionary of scientific biography*. In 16 vols. / ed. Ch. Gillispie. – New York : Charles Scribner's Sons, 1970–1980.
- Directory of British scientific instrument makers, 1550–1851* / ed. G. Clifton, G. L'E. Turner ; *Nat. Maritime Mus.* – London : Ph. Wilson Publ., 1996. 349 p.
- Dorn, B. Kurze Nachricht von zwei Astrolabien mit morgenländischen Inschriften / B. Dorn // *Bull. Sci. Publ. par l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersbourg*. – 1838. – T. 5, № 6. – P. 1–21.
- Dorn, B. Über ein drittes in Russland befindliches Astrolabium mit morgenländischen Inschriften / B. Dorn // *Bull. Sci. Publ. par l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersbourg*. – 1842. – T. 9, № 5. – P. 61–73, tab. A–B.

- Dorn, B. Über ein viertes in Russland befindliches Astrolabium mit morgenländischen Inschriften / B. Dorn // Bull. de la Classe des Sciences Historiques, Philologiques et Politiques de l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersbourg. – 1844. – Т. 1, № 23. – P. 353–366.
- Dorn, B. Drei in der Kaiserlichen Öffentlichen Bibliothek zu St. Petersburg befindliche astronomische Instrumente mit arabischen Inschriften / B. Dorn // Mémoires de l'Acad. Impér. des Sciences de St. Petersburg. Série 7. 1865. Т. 9, № 1. – P. 1-150.
- ECHO – cultural heritage online [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/> (дата обращения: 12.04.2016).
- Epact: scientific instruments of Medieval and Renaissance Europe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mhs.ox.ac.uk/epact (дата обращения: 12.04.2016).
- Fitzgerald, A. The letters of Synesius of Cyrene / A. Fitzgerald. – London : Oxford Univ. press, 1926. – 272 p.
- Gibbs, S. A computerized checklist of astrolabes / S. Gibbs, J. A. Henderson, D. J. de Solla Price; Yale Univ. Dep. of History of Science a. Medicine. – New Haven, 1973. – 118 p.
- Gibbs, S. Planispheric astrolabes from the National Museum of American History / S. Gibbs, G. Saliba. – Washington : Smithsonian Inst. press, 1984. – 231 p. – (Smithsonian studies in history and technology ; № 45).
- Goldstein, B. R. Levi ben Gerson: on instrumental errors and the transversal scale / B. R. Goldstein // J. of History of Astronomy. – 1977. – Vol. 8. – P. 102–112.
- Goldstein, B. R. Star lists in Hebrew / B. R. Goldstein // Centaurus. – 1985. – Vol. 28. – P. 185–208.
- Günther, R. T. The astrolabes of the world: Based upon the Series of Instruments in the Lewis Evans collection in the old Ashmolean Museum at Oxford, with notes on astrolabes in the collections of the British Museum, Science Museum, Sir J. Findlay, Mr. S. V. Hoffman, the Mensing collection, and in other public and private collections. Vol. 1–2 / R. T. Günther. – Oxford : Oxford Univ. press, 1932. – 636 p.
- Hartner, W. Asturlāb / W. Hartner // Encyclopædia of Islam. – Leiden, 1960. – Vol. 1. – P. 722–728.
- Hartner, W. The principle and use of the astrolabe / W. Hartner // Astrolabica. – 1978. – № 1. – P. 2530–2554.
- Heiberg, J. L. Apollonii Pergaei quae graece exstant cum commentariis antiquis. Vol. 1 / J. L. Heiberg. – Lipsiae, 1891. – 451 p.
- Houtum-Schindler, A. On the length of the Persian Farsakh // Proceedings of the Royal Geographical Society. Vol. 10, No. 9 (Sep. 1888). – P. 584–588.
- Kennedy, E. S., Kunitzsch, P., and Lorch, R. P. The Melon-Shaped Astrolabe in Arabic Astronomy, Boethius – Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften, ed. by Menso Folkerts, vol. 43, Stuttgart, Franz Steiner Verlag: 1999. – 235 p.

- Kennedy, E. S. A survey of Islamic astronomical tables / E. S. Kennedy // *Transac. of Amer. Philos. Soc.* – 1956. – Vol. 46. – P. 123–177.
- Kennedy, E. S. Ibn^ʿMuadh on the Astrological Houses / E. S. Kennedy // *Zschrft für Geschichte der Arab.-Islam. Wissenschaften.* – 1994. – Bd. 9. – S. 153–160.
- Kennedy, E. S. *Studies in the Islamic exact sciences* / E. S. Kennedy. – Beirut : Amer. Univ. of Beirut, 1983. – 543 p.
- Kennedy, E. S. The Astrological Houses as Defined by Medieval Islamic Astronomers / E. S. Kennedy // *From Baghdad to Barcelona: studies in the Islamic exact sciences in honour of Prof. J. Vernet.* – Barcelona, 1996. – Vol. 2. – P. 535–578.
- Kennedy, E. S. The equatorium of abu al-Salt / E. S. Kennedy // *Rivista internazionale di storia della scienza.* – Firenze, 1970. – Ann. 12, fasc. 1. – P. 73–81.
- Kennedy, Edward S. (1998) *Astronomy and Astrology in the Medieval Islamic World.* – Ashgate, Variorum Publishing, Aldershot, Hampshire and Brookfield, Vermont, 1998. – 364 p.
- King, D. *Astrolabes from Medieval Europe* / D. King. – Ashgate :Variorum, 2011. – 420 p.
- King, D. *In synchrony with the heavens: studies in astronomical timekeeping and instrumentation in Medieval Islamic civilization. Vol. 1: The call of the muezzin (studies I–IX)* / D. King. – Leiden ; Boston : Brill Acad. Publ., 2004. – 1050 p.
- King, D. *In synchrony with the heavens: studies in astronomical timekeeping and instrumentation in Medieval Islamic civilization. Vol. 2. Instruments of mass calculation (studies X–XVIII)* / D. King. – Leiden ; Boston : Brill Acad. Publ., 2005. – 1150 p.
- King, D. Note on the astrolabist Nastulus/Bastulus / D. King // *Arch. Intern. d’Histoire des Sciences.* – 1978. – Vol. 28. – P. 117–120.
- King, D. On the early history of the universal astrolabe in Islamic astronomy and the origin of the term “shakkaziya” in Medieval scientific Arabic / D. King // *J. of Arabic Science.* – 1979. – Vol. 3. – P. 244–257.
- King, D. Some illustrations in Islamic scientific manuscripts and their secrets / D. King // *The book in the Islamic world: the written word and communication in the Middle East.* – New York, 1995. – P. 149–178.
- King, D. The origin of the astrolabe according to the Medieval Islamic sources / D. King // *J. for History of Arab Science.* – 1981. – Vol. 5. – P. 43–83.
- King, H. C. *Geared to the stars: evolution of planetariums, orreries, and astronomical clocks* / H. C. King. – Toronto : Univ. of Toronto press, 1978. – 442 p.
- Kisliakov, V. “Returning from distant journeys”: on the history of gathering the Muslim collections of MAE RAS (Middle East and Central Asia) Pt. 1 / V. Kisliakov, T. Moiseeva, E. Rezvan, M. Rodionov // *Manuscripta Orientalia.* – 2006. – Vol. 12, № 3. – P. 22–56.

- Kunitzsch, P. A note on ascelinus' table of astrolabe stars / P. Kunitzsch // *Annals of Science*. – 2000. – Vol. 57. – P. 181–185.
- Kunitzsch, P. Al-Sūfī and the Astrolabe Stars / P. Kunitzsch // *Zschr für Geschichte der Arab.-Islam. Wissenschaften*. – 1990. – Bd. 6. – S. 151–166.
- Kunitzsch, P. Astronomer Abu 'l-Hussayn al-Sūfī and his Book on the Constellations / P. Kunitzsch // *Zschr für Geschichte der Arab.-Islam. Wissenschaften*. – 1986. – Bd. 3. – S. 56–81.
- Kunitzsch, P. Der Almagest. Die Syntax mathematica des Claudius Ptolemäus in arabisch-lateinischer Überlieferung / P. Kunitzsch. – Wiesbaden : O. Harrassowitz, 1974. – 384 S.
- Kunitzsch, P. Guide to modern star names and their derivations / P. Kunitzsch, T. Smart. – Wiesbaden : Harrassowitz Publ., 1986. – 68 p.
- Kunitzsch, P. John of London and his unknown Arabic source / P. Kunitzsch // *J. for History of Astronomy*. – 1986. – Vol. 17. – P. 51–57.
- Kunitzsch, P. Observations on the Arabic reception of the astrolabe / P. Kunitzsch // *Arch. Intern. d'Histoire des Sciences*. – 1981. – Vol. 31, № 107. – P. 243–252.
- Kunitzsch, P. On the authenticity of the treatise on the composition and use of the astrolabe ascribed to Messalla / P. Kunitzsch // *Arch. Intern. d'Histoire des Sciences*. – 1981. – Vol. 31, № 106. – P. 42–62.
- Kunitzsch, P. Star catalogues and star tables in mediaeval oriental and European astronomy / P. Kunitzsch // *Indian J. of History of Science*. – 1986. – Vol. 21, № 2. – P. 113–122.
- Kunitzsch, P. Stars and Numbers. Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western worlds / P. Kunitzsch. – Ashgate : Variorum, 2004. – 354 p.
- Kunitzsch, P. The Arabs and stars. Texts and traditions on the fixed stars, and their influence in Medieval Europe / P. Kunitzsch. – [S. l.] : Variorum, 1989. – 350 p.
- Kunitzsch, P. The chapter on the stars in an early European treatise on the use of the astrolabe (ca. AD 1000) / P. Kunitzsch // *Suhail*. – Barcelona, 2000. – Vol. 1. – P. 243–250.
- Kunitzsch, P. The star catalogue commonly appended to the Alfonsine tables / P. Kunitzsch // *J. for the History of Astronomy*. – 1986. – Vol. 17. – P. 89–98.
- Kunitzsch, P. The stars on the astrolabe / P. Kunitzsch // *Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum*. – Greenwich, 2005. – P. 41–46.
- Kunitzsch, P. The stars on the rete of the so-called "Carolingian astrolabe" / P. Kunitzsch // *From Baghdad to Barcelona: studies in the Islamic exact sciences in honour of Prof. J. Vernet*. – Barcelona, 1996. – Vol. 2. – P. 655–672.
- Kunitzsch, P. Two star tables from Muslim Spain / P. Kunitzsch // *J. for History of Astronomy*. – 1980. – Vol. 11. – P. 192–201.
- Kunitzsch, P. Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts / P. Kunitzsch. – Wiesbaden : O. Harrassowitz, 1966. – 139 S.

- Lorch, R. Ibn al-Salah's treatise on projection: a preliminary survey / R. Lorch // *Sic Itur Ad Astra: Studien Zur Geschichte Der Mathematik und Naturwissenschaften – Festschrift Fur Den Arabisten Paul Kunitzsch Zum 70. Geburtstag.* – Wiesbaden, 2000. P. 401–408.
- Lorch, R. The literature of the astrolabe to 1450 / R. Lorch // *Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum.* – Greenwich. 2005. – P. 23–30.
- Maddison, F. The Nasser D. Khalili Collection of Islamic Art. Vol. 12. Science, Tools & Magic, pt. 2. / F. Maddison, E. Savage-Smith, R. H. Pinder-Wilson ; Nour Foundation. London : Oxford Univ. press, 1997. –439 p.
- Maslikov, S. (2015a) Peter the Great's astrolabe celebrates 400th anniversary / S. Maslikov // *Bull. of Scientific Instrument Society.* – 2015. – № 3. – P. 10–15.
- Maslikov, S. (2015b) Two sides of a single astrolabe / S. Maslikov // *XXXIV symposium of the Scientific Instrument Commission (Turin, Italy, 7–11 Sept. 2015) : bk of abstr.* – Turin, 2015. – P. 67.
- Maslikov, S., Sarma, S. R. A Lahore Astrolabe of 1587 at Moscow. Enigmas in its Construction / S. Maslikov, S. R. Sarma // *Indian Journal of History of Science.* – 2016. – Vol. 51, Issue 3. – P. 454–477.
- Mayer, L. A. Islamic astrolabists and their works / L. A. Mayer. – Geneva : A. Kundig, 1956. – 123 p.
- Mercator, G. *Literarum latinarum, quas italicas, cursorias que vocant, scribendarum ratio* / G. Mercator. – Antwerp, 1540. – 40 p.
- Michel, H. *Treatise on the Astrolabe* / H. Michel ; ed. J. E. Morrison. – Paris : Libr. A. Brioux, 1976. –176 p.
- Morley, W. H. *Description of an Arabic Quadrant : offprint of J. of Roy. Asiat. Soc.* / W. H. Morley. – London : Harrison a. Sons, 1860. –15 p.
- Morley, W. H. *Description of a Planispheric Astrolabe, Constructed for Shah Sultan Husain Safawi, King of Persia, and Now in the British Museum.* – London, 1856. (Reprinted: – London, Holland, 1976). 50 p.
- Morrison, J. E. *The astrolabe* / J. E. Morrison. – Janus, 2007. –437 p.
- Neugebauer, O. *A history of ancient mathematical astronomy* / O. Neugebauer. – Berlin; Heidelberg ; New York : Springer-Verlag. 1975. – 1456 p.
- Neugebauer, O. The early history of the astrolabe / O. Neugebauer // *Isis.* – 1949. – Vol. 40. – P. 240–256.
- North, J. D. *Horoscopes and history* / J. D. North ; Warburg Inst., Univ. of London. – London, 1986. –232 p.
- Oestmann, G. *Geschichte, Konstruktion und Anwendung des Astrolabiums bei Zifferblättern astronomischer Uhren* / G. Oestmann. – Oberhausen : Athena-Verlag, 2014. –72 p.

- Pedersen, F. S. A Latin star-list for Toledo / F. S. Pedersen // *Cahiers de l'Inst. du Moyen-Age Grec et Latin*. – 1994. – Vol. 64. – P. 59–62.
- Philoponus, J. Concerning the using and arrangement of the astrolabe and the things engraved upon it / J. Philoponus // Günther R. T. *The astrolabes of the world*. – London, 1976. – Vol. 1. – P. 61–81.
- Pingree, D. A Greek list of astrolabe stars / D. Pingree // *Sic Itur Ad Astra: Studien Zur Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften. Festschrift für den Arabisten Paul Kunitzsch zum 70. Geburtstag*. – Wiesbaden, 2000. – P. 473–477.
- Pingree, D. Astrolāb / D. Pingree // *Encyclopædia Iranica*. – [S. 1.], 1987. – Vol. 2, fasc. 8. – P. 853–857.
- Pingree, D. Eastern astrolabes: historic scientific instruments of the Adler Planetarium & Astronomy Museum. Vol. 2 / D. Pingree, B. Chandler. – Chicago, 2009. – 268 p.
- Pouls H. C. De landmeter Jan Pietersz. Dou en de Hollandse Cirkel / H. C. Pouls ; Nederl. Commissie voor Geodesie. – Delft, 2004. – 98 p.
- Ritter, F. Astrolabium: das ist, Gründliche Beschreibung und Unterricht, wie solches herrliche und hochnützliche astronomische Instrument ... verfertigt werden soll: darnach wie dasselbige vilfältig zugebrauchen, mit Kupfertafeln / F. Ritter. – Nürnberg : P. Fürst, 1613. 136 S.
- Samso, J. Maslama al-Majrīṭī and the Alphonsine book on the construction of the astrolabe / J. Samso // *J. for History of Arab. Science*. – 1980. – Vol. 4. – P. 3-8.
- Sarma, S. R. Indian astronomical and time-measuring instruments. A catalogue in preparation / S. R. Sarma // *Indian J. of History of Science*. – 1994. – Vol. 29, № 4. – P. 507–528.
- Sarma, S. R. The Lahore family of astrolabist and their ouvrage / S. R. Sarma // *The archaic and the exotic. Studies in the history of Indian astronomical instruments*. – Manohar, 2008. – P. 199–222.
- Sédillot, L.-A. Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes / L.-A. Sédiillot. – Paris, 1844. – 312 p.
- Sheynin, H.Y. Claudius Ptolemy? Pseudo-Ptolemy? The main source of Moses Almosnino's treatise on astrolabe / H. Y. Sheynin // *J. for History of Astronomy*. – 2015. – Vol. 46, № 3. – P. 343–350.
- Sic itur ad astra: Studien Zur Geschichte Der Mathematik und Naturwissenschaften – Festschrift Für Den Arabisten Paul Kunitzsch Zum 70. Geburtstag* / eds: M. Folkerts, R. Lorch. – Wiesbaden : Harrassowitz, 2000. – 598 S.
- Sidoli, N. The Arabic version of Ptolemy's planisphere or flattening the surface of the sphere: text, translation, commentary/ N. Sidoli, J. L. Berggren // *SCIAMVS: Sources a. Comment. in Exact Sciences*. – 2007. – Vol. 8. – P. 37–139.

- Stautz, B. Die Astrolabiensammlungen des Deutschen Museums und des Bayerischen Nationalmuseums / B. Stautz. –München, 1999. – 425 p.
- Stoeffler, J. Stoeffler's Elucidatio: the construction and use of the astrolabe / J. Stoeffler. Cheyenne: J. Lamprey Press, 2007. –249 p.
- Stoflerino, I. Elucidatio Fabricae Vsvsque Astrolabii / I. Stoflerino. – Cauellat, 1553. – 344 p.
- The biographical encyclopedia of astronomers / ed. T. Hockey [et al.]. – New York : Springer, 2007. – 1341 p.
- Toomer, G. J. Survey of the Toledan tables / G. J. Toomer // Osiris. – 1968. – Vol. 15. – P. 5–174.
- Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle About Hhassan Ali de Maroc intitulé Jami' al-mabadi' wa-al-ghaat (collection des commencements et des fins). 2 vol. / ed. L.-A. Sédillot. – Paris : l'Impr. Roy., 1834–1835. – Vol. 1. – 1834. – 740 p.; Vol. 2. – 1835. – 630 p.
- Turner, A. J. Early scientific instruments: Europe, 1400–1800 / A. J. Turner. – London, Sotheby's Publ., 1988. –320 p.
- Turner, A. J. From brass to text: the European astrolabe in literature and print / A. J. Turner // Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum. – Greenwich, 2005. – P. 31–40.
- Turner, A. J. Paper, print, and mathematics: Philippe Danfrie and the making of mathematical instruments in late 16th century Paris / A. J. Turner // Studies in the history of scientific instruments. – London ; Paris. 1989. – P. 22–42.
- Turner, A. J. The Time Museum catalogue of the collection. Vol. 1. Time Measuring Instruments, pt. 1. Astrolabes, astrolabe related instruments / A. J. Turner. – Rockford : The Time Museum, 1985. – 265 p.
- Turner, A. J. Concerning a pointer on the astrolabe / A. Turner, // J. for History of Astronomy. – 2015. – Vol. 46, № 4. – P. 413–418.
- Turner, G. L'E. Gerard Mercator's three astrolabes / G. L'E. Turner // ÉNDOXA. Series Filosóficas. – Madrid, 2005. –№ 19. – P. 21–39.
- Turner, G. L'E. Renaissance astrolabes and their makers / G. L'E. Turner. – London : Ashgate Variorum, 2003. – 310 p.
- Turner, G. L'E. The discovery of Gerard Mercator's astrolabes / G. L'E. Turner // Sartoniana. – 1995. – Vol. 8. – P. 33–45.
- Turner, G. L'E. The three astrolabes of Gerard Mercator / G. L'E. Turner // Annals of Science. – 1994. – Vol. 51, № 4. – P. 329–353.
- Van Cleempoel, K. A catalogue Raisonné of scientific instruments from the Louvain School, 1530 to 1600 / K. Van Cleempoel. – [S. l.] : Brepols Publ., 2002 –296 p. – (De Diversis Artibus, vol. 65).

- Van Cleempoel, K. Catalogue of european astrolabes / K. Van Cleempoel // Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum. – Greenwich, 2005. – P. 115–209.
- Van Cleempoel, K. The provenance of the Astrolabe collection at the National Maritime Museum / K. Van Cleempoel // Astrolabes at Greenwich: a catalogue of the astrolabes in the National Maritime Museum. – Greenwich, 2005. –P. 3–13.
- Verbunt, F. The star catalogues of Ptolemaios and Ulugh Beg: machine-readable versions and comparison with the modern Hipparcos Catalogue / F. Verbunt, R. H. Van Gent // Astronomy & Astrophysics. – 2012. – Vol. 544, art. A31. P. 1–34.
- Vernet, J. Las tabulae probatae / J. Vernet // Homenaje a Millas-Vallicrosa. – Barcelona, 1956. – Vol. 2: – P. 501–522.
- Webster, R. Western Astrolabes / R. Webster, M. Webster. – Woodbridge : ACC Art Bks, 1998. –180 p – (Historic scientific instruments of the Adler Planetarium & Astronomy Museum series; vol. 1).
- Wiedemann, E. Ein Instrument, das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt, nach al-Biruni / E. Wiedemann // Der Islam. – 1913. – Vol. 4, № 1. – P. 5–13.
- Wilson, B. D. The Astrolabe and Medieval English Life / B. D. Wilson // Popular Astronomy. 1949. – Vol. 57, № 4. – P. 155–170.
- Wissenschaft und Technik im Islam : Katalog der Instrumenten. Pt. 2. Astronomische Instrumente / ed.: F. Sezgin, E. Neubauer ; Inst. für Geschichte der Arab.-Islam. Wissenschaften. – Frankfurt am Main, 2003. – 232 S.
- Zinner, E. Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts / E. Zinner. –München : C.H. Beck, 1956. –680 S.
- Zinner, E. Über die früheste Form des Astrolabs / E. Zinner // Bericht XXX der Naturforschenden Gesellschaft. – Bamberg, 1947. – S. 9–21.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

КАТАЛОГ ПЛАНИСФЕРНЫХ АСТРОЛЯБИЙ ИЗ РОССИЙСКИХ МУЗЕЕВ

Одной из практических задач данной диссертационной работы являлась ревизия имеющихся в России планисферных астролябий с целью уточнения и пополнения сведений о них. Это, во-первых, важно для включения хранящихся в России астролябий в единый реестр таких инструментов, составлением которого занят ряд зарубежных исследователей. Во-вторых, хранителям российских музеев полезно иметь общую картину имеющихся в нашей стране астролябий и использовать данную информацию при формировании выставок и каталогизации фондов.

За основу такой ревизии принят перечень квадрантов и астролябий, составленный В. Л. Ченакалом [Ченакал, 1968]. Всего в перечне Ченакала содержится 22 инструмента, из них 6 квадрантов и один случайно попавший в список простой угломерный инструмент. Из оставшихся 15-ти планисферных астролябий две находятся ныне за пределами Российской Федерации – в Ташкенте и Бюракане – и не были доступны для изучения. Еще один инструмент из оставшихся 13-ти, к сожалению, не отождествлен. Это номер 8 по перечню Ченакала [там же, с. 43]: «планисфера астрономической астролябии, латунная, с надписями на арабском языке. X в. (предположительно). $d = 20,2$. [Место хранения] МЭС». Последняя аббревиатура также непонятна (в списке сокращений отсутствует).

Таким образом, доступными для изучения остались 12 планисферных астролябий, которые хранятся в Кунсткамере (2 шт.), Эрмитаже (9 шт.) и Музее Востока (1 шт.). В ходе работы было установлено наличие еще одной астролябии в Кунсткамере, которая не была перечислена Ченакалом, а также одной ранее неизвестной планисферной астролябии в Центральном военно-морском музее (ЦВММ), так что общее количество известных в России астролябий составило 14 экземпляров. Из них только 4 экспонируются (по состоянию на 2015 г.) – в Кунсткамере (три) и Музее Востока (одна).

Отметим, что еще несколько астролябий упоминаются в различных текстах, но об их нынешнем местонахождении ничего не известно. Так, Б. А. Дорн в своих работах описал три планисферных астролябии [Dorn, 1838, 1842, 1844]. Еще одно упоминание – «Футляр в красной коже, а в нем астрономическая астролябия, в 1648 году деланная», содержится в перечне, составленном в 1766 г. после пожара в Кунсткамере [Летопись Кунсткамеры, 2014, с. 616]. Так что не исключено появление неизвестных пока инструментов.

Конечно, это очень малое количество по сравнению с ведущими мировыми музеями. Самой большой коллекцией обладает Музей истории науки в Оксфорде (Museum of the Histo-

ry of Science) – 136²² астролябий, затем идут Планетарий и музей Адлера в Чикаго (Adler Planetarium & Astronomy Museum) – 84 астролябии [Webster; Pingree, 2009] и Национальный морской музей в Гринвиче (National Maritime Museum) – 76 астролябий [Astrolabes at Greenwich].

Малое количество астролябий в России объясняется тем, что в нашей стране эти инструменты появились незадолго до петровских времен, когда эпоха астролябий уже заканчивалась. Кроме того, у нас не было крупных коллекционеров-меценатов, как это было в Англии и США. Как бы то ни было, российские астролябии остаются белыми пятнами в международных каталогах и их изучение может дать новую информацию исследователям. Как мы увидим далее, так и произошло – некоторые наши астролябии оказались уникальными.

Итак, отправной точкой стал перечень В.Л. Ченакала. Приведем его здесь, выбрав только исследуемые астролябии [Ченакал, 1968, с. 43–44] и дополнив двумя отождествленными в ходе работы инструментами (см. таблицу А.1). Вначале перечислены восточные астролябии в порядке, близком к хронологическому, в конце списка находятся три европейских инструмента. Применяются следующие сокращения мест хранения инструментов: ГЭ – Государственный Эрмитаж, МВК – Музей Востока, МЛ – Музей Ломоносова / Кунсткамера, ЦВММ – Центральный военно-морской музей. Буквой d обозначены диаметры инструментов.

Таблица А.1 – Перечень российских планиферных астролябий. Порядковые номера в первой колонке таблицы соответствуют номерам в Каталоге

№ п/п	По Ченакалу [Ченакал, 1968, с. 43–44]	Доп. информация
1	9. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, работы мастера Бахрама. Имя мастера и дата – 611 г. хиджры (1214-1215 гг.) выгравированы на персидском языке. d = 11,5 см. ГЭ, VC 940.	Стиль изготовления более позднего времени – XVII - XVIII вв.
2	19. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, изготовленная Халил Мухаммадом и декорированная Абд ал-А'иммом. Имена мастеров выгравированы на персидском языке. 1688-1720 гг. d = 12. ГЭ, VC 939.	Более точно d=11,6 см.
3	14. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, изготовленная Халил Мухаммадом и декорированная Мухаммад-Бакиром Исфакхани. На персидском языке выгравированы имена указанных мастеров и дата – 1093 г. хиджры (1682 г.). d = 11,5. ГЭ, VC 1044.	Более точно d=11,7 см. IC 1206 [Stautz].

Продолжение таблицы А.1

²² URL = <http://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/>

4	20. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, изготовленная мастером Абд ал-А'иммом. Имеет гравированную надпись на персидском языке, содержащую имя мастера. 1688-1720 гг. d = 9,1. ГЭ, VC 941.	
5	17. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке. Конец XVII в. – начало XVIII в. d = 22. ГЭ, VC 512.	Универсальная астролябия системы Рохаса. IC 3670. Ок. 1710 [King, 2005, p. 326].
6	18. Астролябия, латунная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, работы Мухаммад Тахира. Имя мастера выгравировано на персидском языке, 1688-1720 гг. d = 18,5. ГЭ, VC 511.	IC 1217 [King D., E-catalog ²³].
7	21. Астролябия, деревянная, лакированная, иранская, с пояснительными надписями на персидском языке, работы Мухаммад Карима. Имеет надпись, содержащую имя мастера и дату – 1133 г. хиджры (1720-1721 гг.). d = 33,5. ГЭ, VP 856	IC 1149 [Price, 1955a] Правильно d = 43,5 см (у Ченакала ошибка!).
8	22. Астролябия, латунная, восточная, с пояснительными надписями на арабском языке работы мастера Абд ал-Гафур ибн Мухаммад Сайда Афсар Ируми. Имеет гравированную надпись на арабском языке, содержащую имя мастера. 1780-1790 гг. d = 17,5. ГЭ, VC 510.	IC 3669 [King D., E-catalog].
9	11. Астролябия, латунная, индийская, с пояснительными надписями на персидском языке. На приборе выгравировано, что эта астролябия скопирована в 996 г. хиджры (1587 г.) в Лахоре с астролябии мирзы Байсунгара – эмира в Самарканде, умершего в 1499 г. d=16. MBK.	d = 15,1 см. Инв. номер 815 II. IC 3674 [Gibbs et al, 1973]
10	15. Астролябия, латунная, восточная, с пояснительными надписями на арабском языке. Изготовлена в Фесе или Марокко. XVII в. d = 11,5. МЛ.	Инв. номер МЛ-02723. IC 3671 [King D., E-catalog].
11	Нет у Ченакала	Астролябия, латунная, восточная, эпохи Сефевидов. d = 15,3 см. МЛ, инв. номер МЛ-03617.
12	Нет у Ченакала	Астролябия, латунная, комбинированная – планисферная и системы Рохаса, итальянская. 1562–1569 гг. d = 18,6 см. ЦВММ.
13	10. Астролябия, латунная с пояснительными надписями на латинском языке, работы фламандского мастера Гуалтеруса Арсениуса. Имеет гравированную надпись: G. A. neris Gemmae Frisy Louany Fecit anno 1568. d = 33,5. МЛ.	Инв. номер МЛ-02722. Имеется описание [Ченакал, 1961].
14	12. Астролябия, латунная, с пояснительными надписями на латинском языке, работы немецкого мастера Г. Айершоттеля. Имеет гравированную надпись: Astrolabium Georgii Ayerschottelis von Nurmberg im Jahr 1614. d = 25,6. ГЭ, TX 1262.	Имеется описание [Maslikov, 2015].

Изучение перечисленных инструментов проводилось в ходе визитов в музеи, согласованных с руководством этих учреждений. Начало такой работы было положено 22 апреля 2014 г. В Зимнем дворце Петра Первого (С.-Петербург, Дворцовая наб., 32), входящего в

²³ E-catalog – электронный каталог Дэвида Кинга, размещенный в интернете по адресу: URL = <http://www.davidaking.org/instrument-catalogue-TOC.htm>

структуру Государственного Эрмитажа, при содействии хранителя Григория Борисовича Ястребинского было проведено изучение двух астрономических инструментов – астролябии ЭРТх-1262 (№ 14²⁴) и астрономического квадранта ЭРТх-1264.

На следующий день, 23 апреля 2014 г. были осмотрены и сфотографированы три астролябии (№№10, 11, 13) из Музея Ломоносова (Кунсткамера), которые находятся в одной витрине астрономической экспозиции на четвертом этаже здания (адрес: С.-Петербург, Университетская наб., 3). Смотритель – Ольга Доманская. Для работы был выделен всего один час – с 9 до 10 час., до начала приема посетителей. В ходе работы, к сожалению, не удалось вынуть один тимпан астролябии МЛ-03617 (№ 13 в нашем списке), чтобы осмотреть внутреннюю часть корпуса. Данная поездка в С.-Петербург включала в себя и работу в С.-Петербургском филиале Архива РАН (адрес: Санкт-Петербург, Университетская наб., 1), где основное внимание было уделено изучению документов из дел Б. А. Дорна (30-60 гг. XIX в.) и Я. В. Брюса (начало XVIII в.).

Во время второй рабочей поездки в Москву 10 ноября 2014 г. была осмотрена и сфотографирована астролябия (№ 9), которая хранится в главном здании Музея Востока (адрес: Москва, Никитский бульвар, 12А) в отделе Индии. Это единственная планиферная астролябия в Москве. Она находится в одной витрине с индийским колюще-режущим оружием. Хранитель музея Ирина Игоревна Шептунова продемонстрировала также отдельные детали двух неизвестных астролябий: корпус и тимпан инструмента диаметром 73 мм, корпус астролябии диаметром 116,5 мм. Эти неукомплектованные инструменты не были включены в общий список, они не содержат дат и имен мастеров. Дополнительно 13 ноября в фондохранилище музея, расположенном по адресу: Москва, ул. Воронцово Поле, 16а, были осмотрены два восточных небесных глобуса диаметром 90 мм (без звезд, но с нанесенными кругами небесной сферы) и деталь солнечного кольца.

Заключительная, третья рабочая поездка состоялась в июне 2015 г. в город С.-Петербург. Она была организована на грант Общества научных инструментов (Scientific Instrument Society, London). В ходе этой поездки была проведена работа в фондах Центрального военно-морского музея (ЦВММ) (адрес: С.-Петербург, Большая Морская ул., 69) и Государственного Эрмитажа (адрес: С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). В ЦВММ по публикации сотрудника этого музея Георгия Михайловича Рогачева была обнаружена планиферная астролябия итальянского происхождения (№ 12) [Рогачев, 2003]. Проведено знакомство и с другими морскими навигационными инструментами.

²⁴ Здесь и далее указание на номер астролябии соответствует номеру в таблице А.1 и номеру раздела в данном приложении, где описывается соответствующая астролябия.

Работа в Государственном Эрмитаже в течение трех дней – с 24 по 26 июня 2015 г. позволила получить необходимую для исследования информацию о восьми (!) астролябиях из отдела Востока (№№ 1–8). Работа была полезна и с точки зрения изучения опыта работы сотрудников музея, в первую очередь ведущего научного сотрудника Анатолия Алексеевича Иванова, с латунными (бронзовыми) изделиями персидского происхождения [Иванов, 2014]. Удалось познакомиться также с предметом, который называется «греческой астролябией» (диаметр 134 мм, высота 150,5 мм, толщина 2 мм), но астролябией не является. Аналоги таких предметов называются: византийские солнечные часы – календарь (Byzantine Sundial – Calendar) или портативные вертикальные солнечные часы (например, в Оксфорде, инв. №51358²⁵), содержат, как правило, список греческих городов с указанием их широт. Изготовление таких приборов относится к III – VI вв., так что они представляют большой научный интерес, но не относятся к теме данной работы.

У каждого из 14 исследуемых инструментов своя история попадания в музейный фонд. Чаще всего она очень краткая, тем не менее, важна с точки зрения отношения общества к данному виду предметов. Для получения дополнительной информации желательно ознакомиться с архивами музеев. На данном этапе работы этого не сделано. Известные на текущий момент сведения приведены в описании каждой астролябии.

В ходе изучения инструментов в музеях выполнялись следующие виды работ:

- 1). измерение размеров – диаметра, высоты, толщины корпуса, диаметра и толщины решетки и тимпанов, размеров подвижных и крепежных элементов – алидады с визирами, оси, шайбы, конька. Для решетки дополнительно измерялся диаметр круга эклиптики;
- 2). взвешивание на электронных весах инструмента в сборе и отдельных частей;
- 3). фотографирование всех частей с лицевой и оборотной сторон, а также инструмента в сборе. Съемка отдельных элементов крупным планом, особенно названий звезд, шкал. Фотографирование надписей на торце при их наличии.

Полный комплекс работ не был проведен в Кунсткамере, ввиду ограниченности времени. Позднее выявился и ряд других «белых пятен», к счастью непринципиальных. Дальнейшая обработка полученной информации включала в себя следующие этапы:

- 1) отбор и обработка наиболее качественных фотографий;
- 2) прочтение основных надписей: надписи на троне, названия звезд, пояснения к шкалам на обороте инструмента, названия городов в географическом справочнике, где он имеется, надписи на тимпанах и на алидаде. Для прочтения надписей на восточных астролябиях привлекались специалисты по арабскому языку, в т. ч. зарубежные;

²⁵ URL = <http://www.mhs.ox.ac.uk/staff/saj/roman/>

- 3) поиск аналогов в коллекциях зарубежных музеев и опубликованных описаниях отдельных инструментов, их сравнение с российскими экземплярами;
- 4) реконструкция истории инструмента, там, где это было возможно. Консультации с зарубежными специалистами;
- 5) подготовка статей и докладов с детальными описаниями инструментов.

По результатам работы предполагается подготовка каталога с подробным описанием всех 14-ти астрольбий. В рамках диссертационной работы решено было ограничиться кратким описанием инструментов. Для построения схемы описания астрольбий были рассмотрены каталоги зарубежных музеев, изданные в недавние годы – в Мюнхене [Stautz, 1999], в Гринвиче [Charette, 2005], в Чикаго [Pingree, 2009], в Оксфорде [Museum of the History of Science]. В каждом из каталогов имеются свои особенности. Так, вес приводится только в немецком каталоге. А наиболее обширный on-line каталог Оксфордского музея не содержит такого важного параметра, как размер инструмента. Один из его разработчиков, *Jim Bennett*, не смог объяснить причину такой недоработки, сильно снижающей ценность этого каталога.

В результате была сформирована следующая схема описания астрольбий:

- 1) название астрольбии, ее тип, международный номер IC = CCA²⁶ (если имеется);
- 2) дата и место изготовления (если известны) и наличие соответствующих надписей;
- 3) место хранения, инвентарный номер, время и обстоятельства поступления инструмента в музей;
- 4) общие характеристики инструмента (габаритные размеры, вес) и его комплектность;
- 5) корпус: материал, размеры; шкалы на лицевой стороне корпуса; наличие географического справочника и количество городов в нем; перечень городов (у отдельных астрольбий);
- 6) паук: количество звезд, особенности указателей и др.; список звезд (у отдельных астрольбий);
- 7) тимпаны: количество, надписи, широты;
- 8) оборот: перечень шкал и их особенности;
- 9) алидада, линейка, крепежные элементы, их состояние и особенности;
- 10) аналогичные по стилю инструменты;
- 11) библиография.

Повторяющиеся у нескольких астрольбий элементы, как, например, одинаковые надписи на обороте или в квадрате теней, подробно описываются при первом появлении, а затем

²⁶ IC – An International Checklist of Astrolabes [Price, 1955a];

CCA – A Computerized Checklist of Astrolabes [Gibbs, Henderson, Price, 1973].

снабжаются соответствующими ссылками. Каталог российских астролябий составлен впервые, не претендует на полноту описания каждого инструмента и может рассматриваться в качестве отправной точки для дальнейшего его уточнения и более детального наполнения. Ряд справочных данных, необходимых для более полного понимания описаний, приведен в конце данного приложения А: 1) описание общих элементов, встречающихся на астролябиях, 2) список арабских и персидских терминов, 3) итоговый перечень звезд; 4) числа от 1 до 100 по системе абджадии, 5) персидские числительные.

Временные рамки изготовления астролябий из нашего перечня охватывают более двух веков – с 60-х гг. XVI в. (№№ 12, 13) по 80-90-е гг. XVIII в. (№ 8). Так что возраст самых ранних инструментов составляет сейчас около 450 лет, самых поздних – около 240 лет.

Географическое распределение весьма широкое. Хотя бóльшая часть инструментов, а именно девять из четырнадцати, имеет персидское происхождение (№№ 3, 11: XVII в., №№ 1, 2, 4–7: начало XVIII в., № 8: 80-90-е гг. XVIII в.), по одному экземпляру поступили из Италии (№ 12: 1562–1569 гг.), из Фландрии (№ 13: 1568 г.), из Лахора (№ 9: 1587/88 г.), из Германии (№ 14: 1614 г.), из Магриба (№ 10: 1730-е гг.).

Отметим, что в числе российских астролябий, несмотря на их малое количество, имеется несколько уникальных инструментов, которые либо встречаются весьма редко, либо не встречаются вообще в других коллекциях мира. Например, персидская астролябия с басмалой (начальной фразой, с которой начинается каждая сура Корана) на пауке – № 11, итальянская астролябия с картой мира – № 12, восточная астролябия с проекцией Хуана Рохаса – № 5, самая большая в мире деревянная астролябия – № 7. Последняя из этих астролябий содержит к тому же в географическом справочнике такой редко встречающийся параметр, как расстояние до Мекки – ценный источник для дальнейшего детального исследования.

1 ПЕРСИДСКАЯ АСТРОЛЯБИЯ ПОЛКОВНИКА ЧАРКОВСКОГО

Ченакал приводит имя мастера – Бахрам и дату изготовления – 611 г. хиджры (1214/15 гг.), прочитанные на троне с лицевой стороны (эта надпись на троне кем-то была обведена черным цветом). Других надписей, которые могли бы идентифицировать мастера, нет. Однако стиль изготовления инструмента соответствует гораздо более позднему периоду – началу XVIII вв. Поэтому вопрос его датировки и идентификации остается открытым.



Рисунок А.1.1 – Лицевая (слева) и обратная стороны астролябии № 1

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер ВС 940. Поступила из коллекции музея А. Л. Штиглица в 1925 г. Сохранился прежний инв. номер КИ 7088. В музей Штиглица астролябия попала в 1886 г. из коллекции П. В. Чарковского, полковника Генерального штаба. Он был в 1882–1885 гг. заведующим (инструктором) Персидской казачьей бригады. По всей видимости, астролябия была приобретена им во время службы в Персии.

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Отсутствуют: конёк и подвес с кольцом. Общий вес 845 г.

КОРПУС: латунь, диаметр 114 мм, высота 151 мм. Лимб на лицевой стороне содержит каллиграфически подписанные 5-градусные деления, обозначенные буквами по системе абджадии (см. табл. Б.10). Счет начинается сверху и идет по часовой стрелке до 360 градусов, числа сгруппированы по три: 5–10–5, 20–5–30, 5–40–5 и т.д., все это на фоне растительных узоров. Сотни 100, 200, 300 обозначены, но счет в каждой сотне начинается сначала.

Край лимба в районе 315 градусов отбит. Аналогичная шкала имеется на двух астролябиях Абд ал-Аимма [Pingree, p. 120–127] и др. мастеров начала XVIII в. Узор на троне также близок к узору на астролябии Абд ал-Аимма [Pingree, p. 110–115].

На дне корпуса в двух кругах размещена таблица координат 34 пунктов (23 во внешнем круге и 11 – во внутреннем). В столбце-заголовке содержатся слова: название [города], долгота, широта и кибла. Во внутреннем круге заголовок повторяется, но термин, соответствующий названию, находится на два столбца правее. Возможно, смещена вся строка с этим термином.

ПАУК содержит указатели 23-х звезд:

1 – δ Aql;	6 – α Ori;	11 – α Crv;	16 – α CrB;	21 – α Cyg;
2 – β Per;	7 – α CMa;	12 – γ Crt;	17 – α Sco;	22 – ε Peg;
3 – α Tau;	8 – α CMi;	13 – α Vir;	18 – α Oph;	23 – δ Cap.
4 – β Ori;	9 – α Hya;	14 – α Boo;	19 – α Lyr;	
5 – α Aur;	10 – α Leo;	15 – α Ser;	20 – α Aql;	

В списке Ченакала [Ченакал, 1968, с. 43, илл.] эта астролябия идет под № 9 (инв. номер VC 940), на фото у нее показан паук от астролябии № 14 (инв. номер VC 1044). В нашем списке это соответственно № 1 и № 3. Поскольку диаметры пауков практически одинаковы – 102-104 мм, в какой-то момент хранения кто-то поменял их местами. Еще одна астролябия с таким же диаметром паука (103 мм) – № 2 в нашем каталоге. Предпочтительнее существующий вариант, представленный здесь на рисунке 1.1, т.к. астролябии № 2 и № 3 принадлежат одному мастеру, и идентичные пауки подтверждают это. Таким образом, на фото у Ченакала расположение пауков перепутано.

ТИМПАНЫ: 5 шт. Диаметр 100 мм, толщина 1,0 мм. Паз для фиксации расположен внизу. На 9 сторонах представлена широта и соответствующая ей длина дня:

29° (13 час. 52 мин.),	36° (14 час. 28 мин.),
30° (13 час. 56 мин.),	37° (14 час. 38 мин.),
31° (14 час. 1 мин.),	38° (14 час. 39 мин.),
32° (14 час. 7 мин.),	40° (14 час. 51 мин.).
34° (14 час. 16 мин.),	

Десятую сторону занимают горизонты для всех широт, сгруппированные в 4-х секторах. Сторона для широты 36° изготовлена неверно (не ориентирована относительно пазы). На пластинах для 36° и 37° дополнительно к обычным линиям неравных часов имеются линии равных (вавилонских) часов, подписанные индо-арабскими цифрами ۱۲۳۴۵۶۷۸۹. Подписана линия горизонта – восток (слева) и запад (справа). Тимпаны отличаются несколькими различными почерками, изготовленными, возможно, разными мастерами в разное время. Круги равных высот (альмукутанты) проведены с шагом 3°, линии равных азимутов с шагом 10°, все круги подписаны. **Качество нанесения основных кругов очень низкое**, у всех остальных персидских астролябий из коллекции Эрмитажа оно

практически идеальное (см. рисунок А.1.2). Такое же плохое качество мы находим на астрольбии № 9 из Лахора.

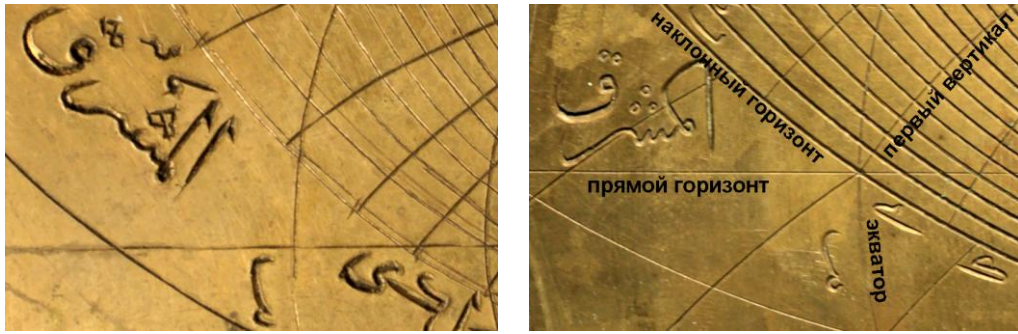


Рисунок А.1.2 – Для сравнения показана точка востока на астрольбии № 1 (слева) и № 6 (справа). На фотографии справа четыре линии – экватор, горизонт (прямой и наклонный) и первый вертикал пересекаются в одной точке, как это и должно быть

ОБОРОТ: на лимбе каллиграфически подписаны 5-градусные деления, счет начинается от горизонтального диаметра. Надписи немного смещены относительно штрихов, так что два значения 90 оказались справа от вертикальной оси. В верхнем левом квадранте – шкала синусов / косинусов, проведены 60 линий, выделены точками каждая 5-я линия.

В правом верхнем квадранте – шкала склонений (знаки зодиака подписаны каллиграфически вдоль горизонтального и вертикального диаметров). Вдоль ее внешнего края полукругом идет пояснение к линиям солнечных высот, которые проведены из центра вверх [Pingree, p. 148; Gibbs, p. 107]: *دوائر انما في النهار في العروض المرقومة عاى اطرافها* – *dawā'ir inṣāf al-nuhur fī al-'urūd al-marqūtah 'alā aṭrāfahā*, т.е. "круги середины дня в широтах отмечены в их максимумах". Проведены восемь линий для широт от 28° до 42° с шагом 2° (подписаны).

Линии из центра вправо – это кривые киблы для пяти городов: Тус (нижняя линия), Йезд, Исфахан, Багдад, Шираз. В трех вертикальных строчках у центра дано пояснение к этим линиям [Pingree, 2009, p. 98; Gibbs, 1984, p. 85]:

خطوط سموت القبلة في البلاد المرقومة عاى اطرافها بالارتفاع الغربى – *khuṭūṭ sumūt al-qiblah fī al-bilād al-marqūmah 'alā aṭrāfahā bi-irtifā' al-gharbi*, т.е. "линии направления на киблу в городах, отмеченных на краях [этих линий], для западных высот".

В нижней половине – квадрат теней, разделенный на семь стоп (*zill-i aqdām*) слева и 12 пальцев (*zill-i aṣābi'*) справа. Пронумерованы только четные деления. Нижняя шкала дважды подписана словом *mustawī* – горизонтальная шкала.

Внутри квадрата теней – таблица триплицитетов 4x10 (см. раздел 15). Она озаглавлена *الطبائع المثاثات اربابها بالنهار اربابها بالليل* – «природа триплицитетов [u] управителей дня [u] управителей ночи».

По нижнему краю идет шкала котангенсов, разделенная на «ступни» (*zill-i aqdām*) слева и «пальцы» (*zill-i aṣābi^c*) справа. Следующая – шкала термов (*al-ḥudūd*) – каждый знак зодиака разделен на 5 частей. На шкале дана планета-управитель термина в ее полном имени и сокращенном (по последней букве полного названия). Первыми справа идут сатурн $\text{ل} = \text{زل}$ («зухал») и марс $\text{ح} = \text{مريخ}$ («миррик»). Шкала нанесена довольно небрежно, встречаются несоответствия.

Далее идет каллиграфически выполненная зодиакальная шкала. Знаки следуют справа по часовой стрелке – Овен, Телец, Близнецы и т.д. Далее – шкала 10-градусных деканов с планетами-управителями, обозначенными одной буквой (порядок следования см. в разделе 15). И, наконец, самая внутренняя шкала – 28 лунных стоянок (см. раздел 15).

Растительный узор, в котором присутствует пятилепестковый цветок, характерный для предметов XVII – XVIII вв., переплетается с каллиграфически выполненными буквами [Иванов, с. 27].

АЛИДАДА. Имеет два визира, в каждом из которых по два визирных отверстия диаметром менее 1 мм (см. рис. Б.2). Имеется шкала с 60-ю делениями для работы с синусами / косинусами, на которой каллиграфически подписано каждое пятое деление – 5, 10, 15, ... 60 (справа сверху на фотографии). На практике эта шкала не нужна, так как каждая пятая линия на самой шкале синусов / косинусов выделена точками, результат легко посчитать без линейки. Шкала солнечных часов, где роль гномона выполняет один из визиров (справа внизу) – тоже своего рода анахронизм для эпохи изготовления астрольбии. Отсутствие тени (полдень) соответствует 12 часам. Ближайший к гномону штрих – 1/11 часов, далее 2/10, 3/9, 4/8 и 5/7 час. В 6 утра/вечера на восходе/заходе Солнца тень за пределами алидады [Charette, 2005, p. 214]. Гораздо точнее время определяется с помощью прямого измерения высоты Солнца. Третья шкала – шкала склонений зодиакальных знаков (слева). Она соответствует шкале склонений в правом верхнем квадранте оборотной стороны. На шкале знаки зодиака имеют неодинаковую длину, так что ближние к центру знаки – Близнецы и Рак – из-за недостатка места обозначены буквами (порядковыми номерами – 3-й и 4-й). Деления на астрольбии и деления на алидаде должны совпадать, но этого не наблюдается, что говорит о недопонимании мастером назначения шкал.

АНАЛОГИ: много общих элементов с астрольбиями Абд ал-А'имма [Gibbs, Saliba, p. 69–77] (№ 4 в нашем каталоге) и Мухаммада Халила (№ 2, 3 в нашем каталоге), которые могли быть учениками Мухаммада Махди [Charette, 2005, p. 263]. Плохое качество изготовления тимпанов, которое резко диссонирует с качеством изготовления других элементов, можно объяснить только более поздним их изготовлением.

БИБЛИОГРАФИЯ. № 9 по Ченакалу [Ченакал, 1968, с. 43, илл.].

2 НЕДАТИРОВАННАЯ АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ МУХАММАДОМ ХАЛИЛОМ

«Изготовил Мухаммад Халил, декорировал Абд ал-А’имм» – эти надписи имеются на обороте трона и под квадратом теней. Другие инструменты этого мастера изготовлены между 1682 и 1707 гг. Самая ранняя из датированных – № 3 в нашем списке.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер ВС 939. Приобретена у С. Н. Прытницкого в 1927 г.

КОРПУС. Диаметр 116 мм. Высота с треном 148,5 мм. Толщина 7,5–7,7 мм. Общий вес 652 г. Имеется гравировка по ободу (см. рис. А.2.1). Текст совпадает с текстом на астролябии (ок. 1650), которая хранится в Оксфорде (№ 41763)²⁷. Это славословие 12-ти шиитским имамам:

اللهم صلى على محمد المصطفى وعلي المرتضى والبيوت (؟) فاطمة والسبطين الحسن والحسين وصلى على
زين العباد وعلى محمد الباقر وجعفر الصادق وموسى الكاظم وعلي الرضا ومحمد النقي وعلي النقي الزكي
والحسن العسكري وصلى على الحجة القائم محمد المهدي صاحب الزمان

«Боже, благослови Мухаммада избранного и Али законного и семейство (?) Фатиму, ал-Хасана и ал-Хусейна, и благославенных Зайн аль-Абидина, Мухаммада аль-Бакира, Джафара ас-Садика, Мусу аль-Казима, Али ар-Рида, Мухаммада ат-Таки, Али ан-Наки аль-Хади, и Хасана аль-Аскари, и благославенного справедливого вечного судию Мухаммада аль-Махди, управляющего временем».



Рисунок А.2.1 – Гравировка по ободу корпуса - славословие 12-ти шиитским имамам

Лимб оформлен точно так же, как у астролябии № 1 – числами, сгруппированными по три. На дне корпуса – справочник 46 городов, 31 размещен во внешнем круге и 15 – во внутреннем. В столбце-заголовке содержатся слова: название [города], долгота, широта, кибла, сторона [горизонта]. Названия городов выполнены каллиграфически.

ПАУК. Толщина 1,7 – 1,9 мм. 28 звезд:

1 – β Cas;	7 – β Ori;	13 – α UMa;	19 – α Ser;	25 – α Cyg;
2 – β Cet;	8 – α Ori;	14 – α Crt;	20 – α Sco;	26 – ϵ Peg;
3 – ρ Cet;	9 – α CMa;	15 – γ Crv;	21 – α Oph;	27 – δ Aqr;
4 – γ Eri;	10 – α CMi;	16 – α Vir;	22 – α Lyr;	28 – β Peg;
5 – α Tau;	11 – α Hya;	17 – α Boo;	23 – ζ Aql;	
6 – α Aur;	12 – α Leo;	18 – α CrB;	24 – α Aql;	

²⁷ URL = http://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/catalogue/frontReport/Astrolabe_ID=134.html

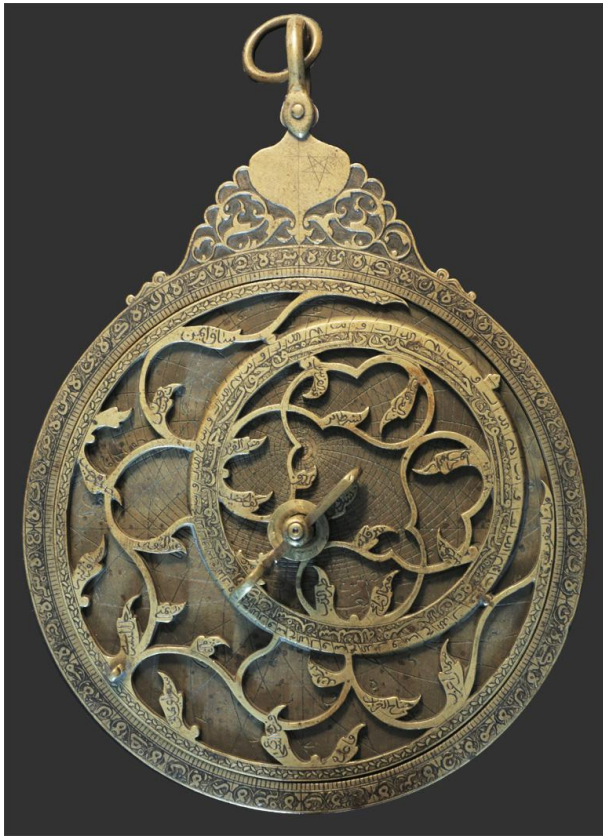


Рисунок А.2.2 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астрольбии № 2. В центре трона на обороте надпись: «Мухаммад Халил создал (сан’аху)». Надпись под квадратом теней: «Абд ал-А’имм декорировал». Глагол «намакаху» совпадает с текстом декоратора астрольбии № 3. По нижнему краю лимба в картуше идет строка из поэмы «Гулистан» легендарного поэта XIII в. Саади. Это первая строка из второго раздела введения, которая часто встречается на персидских астрольбиях, начиная с 1642/43 г. – «назначение этого творения – остаться после нас» [Charette, 2005, p. 243–244; Gibbs, Saliba, p. 81]

ТИМПАНЫ. 5 шт. Толщина 0,7 – 1,0 мм. На 9 сторонах представлена широта и соответствующая ей длина дня. На 10-й стороне нанесены горизонты для всех широт, сгруппированные в 4-х секторах.

29° (13 час. 52 мин.);	35° (14 час. 22 мин.);
30° (13 час. 56 мин.);	36° (14 час. 28 мин.);
32° (14 час. 7 мин.);	37° (14 час. 38 мин.);
33° (14 час. 12 мин.);	38° (14 час. 39 мин.);
34° (14 час. 16 мин.);	Горизонты.

Широты охватывают всю территорию Персии времен последнего сефевида Султана Хосейна I. На тимпанах присутствует несколько почерков, включая каллиграфический (для широт 29° и 32°). Линии проведены с высокой точностью.

ОБОРОТ аналогичен астролябии № 1. Отличается количество городов, для которых имеются линии киблы. Здесь их всего три – Тус, Исфахан, Багдад (снизу-вверх). Семь линий солнечных высот для широт от 30° до 42° с шагом 2° .

АЛИДАДА. Длина 106 мм. Имеется две пары визирных отверстий диаметром ок. 0,5 и ок. 1,5 мм. Три шкалы, такие же, как у астролябии № 1, но оформленные еще более вычурно, орнамент занимает все свободное место.

АНАЛОГИ. Очень близка по оформлению – растительный узор на троне, форма решетки – астролябия из Чикаго [Pingree, p. 110–115], которая, возможно, изготовлена Абд-ал-Аиммом ок. 1700 г., ее диаметр 116 мм.

БИБЛИОГРАФИЯ. № 19 в списке Ченакала [Ченакал, с. 44, илл.].

3 АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ МУХАММАДОМ ХАЛИЛОМ В 1682 г.

ИЗГОТОВИЛ *Мухаммад Халил* из Исфахана в 1093 г. хиджры = 1682 г. Это один из почти трех десятков сохранившихся инструментов мастера и самый ранний из датированных [Stautz, p. 352–353]. Декорирование выполнил *Мухаммад Бакир Исфахани* (Moḥammad Bāqer) (Pingree указывает на связь этого мастера с Абд ал-Аимом [Encyclopaedia Iranica, v. II, p. 853–857; Mayer, 1956, p. 64]) (см. его собственную астролябию № 6). Каллиграфические надписи, представляющие собой переплетение букв и растительных элементов, составляют около половины всех надписей. Международный номер IC 1206 [Gibbs, Henderson, Price, 1973].

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер VC 1044. Приобретена у Тарского в 1948 г.



Рисунок А.3.1 – Корпус с географическим справочником (слева) и оборот астролябии № 3. В картуше под квадратом теней на обороте приведено имя декоратора: «Мухаммад Бакир Исфахани декорировал (намакаху)»

КОРПУС. Диаметр 115 мм. Пятиградусные деления на лимбе подписаны каллиграфическим почерком от 5 до 360, начиная сверху по часовой стрелке. В растительном узоре на троне (лицевая сторона) присутствуют стебли и мелкие пятилепестковые цветы. Узор на обратной стороне трона состоит из крупных цветов и листьев, которые обрамляют кар-

туш с надписью. Фон в виде точек обработан пуансоном. На дне корпуса таблица, которая содержит 46 городов (31 во внешнем круге и 15 во внутреннем). В столбце-заголовке содержатся слова: название [города], долгота, широта, кибла. Во внутреннем круге добавлена еще неподписанная строка, в которой приведены значения стороны [горизонта] с одинаковым для всех городов значением – \approx , т.е. «ю.-з.». На внешнем краю астролябии, на торце выгравирован текст – славословие 12-ти шиитским имамам – совпадает с текстом на астролябии № 2.

ПАУК содержит указатели звезд в виде листьев с острыми концами, и стеблей, формирующих симметричную структуру. Дизайн практически совпадает с узором астролябии № 2. № 2го же Мухаммада Халила. Всего 29 звезд. По сравнению с № 2 имеется одна дополнительная звезда – γ Cet. Эклиптика разделена на 3-градусные деления.

ТИМПАНЫ. 5 шт. для широт:

24° (13 ч. 30 м.),	37° (14 ч. 34 м.),
27° (13 ч. 43 м.),	32° (14 ч. 7 м.),
30° (13 ч. 57 м.),	38° (14 ч. 40 м.),
36° (14 ч. 27 м.),	41° (14 ч. 58 м.)
22° (13 ч. 21 м.),	пластина горизонтов.

На трех сторонах (22°, 30°, 32°) слова «широта» и «долгота дня» выгравированы каллиграфически. Имеется еще как минимум два разных почерка.



1 – β Cas;	16 – γ CrV;
2 – β Cet;	17 – α Vir;
3 – γ Cet;	18 – α Boo;
4 – ρ Cet;	19 – α CrB;
5 – γ Eri;	20 – α Ser;
6 – α Tau;	21 – α Sco;
7 – α Aur;	22 – α Oph;
8 – β Ori;	23 – α Lyr;
9 – α Ori;	24 – ζ Aql;
10 – α CMa;	25 – α Aql;
11 – α CMi;	26 – α Cyg;
12 – α Hya;	27 – ϵ Peg;
13 – α Leo;	28 – δ Aqr;
14 – α Crt;	29 – β Peg
15 – α UMa;	

Рисунок А.3.2 – Паук астролябии № 3

ОБОРОТ аналогичен астролябии № 1. Дополнительно поверх шкалы синусов нанесены линии неравных часов. Отличается также количество городов, для которых имеются линии киблы. Здесь их 6 – снизу-вверх: Тус, Йезд, Исфахан, Багдад, Эль-Куфа, Ан-Наджаф. Шесть линий солнечных высот для широт от 29° до 44° с шагом 3°.

АЛИДАДА. Длина 107 мм. Два визирных отверстия – ок. 2,0 и 2,5 мм. Имеется две шкалы, из описанных выше (см. астролябию № 1) – синусов / косинусов и солнечные часы. На первой из этих шкал нанесено лишнее деление «65», выходящее за предел стандартной 60-ричной шкалы.

АНАЛОГИ. Фигурный картуш внутри квадрата теней содержит имя мастера и дату изготовления (см. рис. А.3.3). Другие инструменты этого мастера изготовлены между 1682 и 1707 гг. Francois Charette считает, что Мухаммад Халил, так же как и Абд ал-Аимм, были учениками Мухаммада Махди [Charette, 2005, p. 263].



Рисунок А.3.3 – На фотографии слева показан картуш нашей астролябии, справа – астролябии из Германского музея (Deutsche Museum, Munchen). На немецкой астролябии, изготовленной на два года позже нашей, в 1095 хиджры = 1684, написано: *sana 'hu al-ḥaqīr al-faqīr ilā allāh al-ḡalīl muḥammad ḥalīl ibn ḥasan 'alī sana 195* (изготовил [...] Мухаммад Халил ибн Хасан в 1095 хиджры) [Stautz, p. 243–365]

БИБЛИОГРАФИЯ. № 14 в списке Ченакала: «изготовленная Халил Мухаммадом и декорированная Мухаммад-Бакиром Исфахани» [Ченакал, 1968, с. 43, илл.].

4 МАЛАЯ ПЕРСИДСКАЯ АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ АБД АЛ-А'ИММОМ

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2).

Инв. номер ВС 941. Приобретена у Литке в 1926 г. Изготовлена ок. 1688–1720 гг.



Рисунок А.4.1 – Корпус с географическим справочником (слева) и оборотная сторона астролябии № 4. Под квадратом теней на обороте надпись: *عبد الأئمه صنعه* – «Абд ал-А'имм сделал»

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Это самая маленькая из имеющихся в Эрмитаже (и вообще в России) астролябий – ее диаметр 90 мм, общий вес 324 г. Алидада и крепежные элементы (ось, конек) отсутствуют.

КОРПУС. Диаметр 90 мм. Высота 116 мм. Толщина 6,5-6,6 мм. Нумерация лимба как у астролябий № 1 и № 2, но без группировки по три. Счет начинается сверху и идет по часовой стрелке до 360 градусов: 5–10–5–20–5–30–5–40 и т.д. Сотни 100, 200, 300 обозначены, но счет в каждой сотне начинается сначала. Трон покрыт растительными узорами и не содержит каких-либо надписей. Подпись мастера размещена на обороте инструмента под квадратом теней.

На дне корпуса таблица, которая содержит 46 городов (31 во внешнем круге и 15 – во внутреннем). В столбце-заголовке содержатся слова: название [города], долгота, широта, кибла, сторона [горизонта]. Только три города имеют последний параметр отличный от

обычного ع , т.е. «ю.-з.». В качестве нуля используется такой же символ, как и в других близких по времени инструментах – ع . Для улучшения читаемости углубления букв заполнены белой краской.

ПАУК содержит минимальное количество декоративных элементов. Имеются 25 указателей звезд (см. рис.). Отсутствует важная звезда – α Leo. Вместо обычного Алголя (β Per) используется α Per. Знаки зодиака выполнены каллиграфически. Эклиптика разделена на 6-градусные деления.



- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1 – β Cas; | 14 – γ CrV; |
| 2 – ρ Cet; | 15 – α Vir; |
| 3 – α Per; | 16 – α Boo; |
| 4 – γ Eri; | 17 – α CrB; |
| 5 – α Tau; | 18 – α Ser; |
| 6 – β Ori; | 19 – α Sco; |
| 7 – α Aur; | 20 – α Oph; |
| 8 – α Ori; | 21 – α Lyr; |
| 9 – α CMa; | 22 – α Aql; |
| 10 – α CMi; | 23 – α Cyg; |
| 11 – α Hya; | 24 – ϵ Peg; |
| 12 – α UMa; | 25 – δ Aqr. |
| 13 – α Crt; | |

Рисунок А.4.2 – Паук астролябии № 4

ТИМПАНЫ – 4 шт. Диаметр 76,4 – 76,6 мм. Толщина 0,7 – 1,0 мм. Широты и продолжительность дня: 29° (13 ч. 52 м.), 30° (13 ч. 56 м.), 32° (14 ч. 7 м.), 36° (14 ч. 28 м.), 37° (14 ч. 38 м.), 38° (14 ч. 39 м.), пластина горизонтов. Широта 32° дублируется с каллиграфическим оформлением. Ряд пластин (29°, 32°, 30°, 36°) содержит дополнительно равные (вавилонские) часы.

ОБОРОТ. Соответствует астролябии № 1. Шесть линий солнечных высот проведены для широт от 28 до 38 градусов с шагом 2 градуса. Три линии киблы – для городов Тус, Исфахан, Эль-Куфа.

АНАЛОГИ. Сохранилось более 30 астролябий Абд ал-А’имма. В каталоге Гринвича воспроизведена подпись мастера (1715/16 г.) [Charette, 2005, p. 264–268]. Две близкие по размеру (92 и 93 мм) и по оформлению астролябии этого мастера хранятся в Чикаго [Pingree, p. 124–132]. Они изготовлены ок. 1720 г.

БИБЛИОГРАФИЯ. № 20 у Ченакала [Ченакал, 1968, с. 44, илл.].

5 УНИВЕРСАЛЬНАЯ АСТРОЛЯБИЯ РОХАСА ВОСТОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Астролябия представляет собой любопытную попытку не просто повторить европейское изобретение XVI в., но кардинально модифицировать его. Других таких инструментов не известно. Изготовлена ок. 1710 г. для шаха Хусейна, последнего шаха Персии из династии Сефевидов [King, 2005, p. 326]. Международный номер IC 3670.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер VC 512. Передана из Азиатского музея в 1930 г.

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Астролябия изготовлена из латуни, состоит из корпуса с накладной решеткой, пластины Рохаса, диска-алидады. Имеются также: ушко для подвеса (сам подвес и кольцо отсутствуют), ось сложной формы, конек. Общий вес 1474 г. Особенность астролябии состоит еще и в том, что все числовые значения на ней написаны прописью персидскими словами (так же, как у астролябии № 7 из дерева).

КОРПУС: диаметр 220 мм, высота 270 мм (без «ушка»). Изготовлен из пластины неравномерной толщины – от 1,0 до 1,7 мм. На лицевой стороне корпуса в верхней половине – градусная шкала, на которой прописью подписаны персидские названия соответствующих 10-градусных делений, начиная с горизонтального диаметра вверх (с правой и с левой сторон) – «десять градусов», «двадцать градусов» и т.д.



Рисунок А.5.1 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астролябии № 5.

Надпись на троне – посвящение шаху Хусейну

Нижняя половина занята прикрепленной на три винта (один утрачен) полукруглой сеткой. На диаметре сетки градусная шкала с неравномерными делениями. Подписаны прописью 10-градусные деления. На обороте корпуса по периметру две шкалы – часовая и градусная. Часы подписаны, начиная со значения «один» до «двенадцать» справа и слева сверху – вниз. Градусы – сверху по часовой стрелке через каждые 10 градусов со значения «десять градусов» до «триста шестьдесят градусов». Внутри градусной шкалы круговая таблица 23 городов. У каждого города даны три координаты – долгота, широта, кибла. Все координаты записаны прописью. Например, для Мекки: долгота равна семидесяти семи градусам десяти минутам – هفتاد و هفت درجه ده دقيقه²⁸. Продолжение таблицы городов – еще 24 пункта с двумя координатами (долготой и широтой) – на обороте алидады.

ПЛАСТИНА РОХАСА диаметром 195 мм находится под накладной полукруглой сеткой и может вращаться вокруг оси. Параллели проведены через 1°, но очень неравномерно. Широты 10°, 20° и 23° выделены точками. Круги склонений, соответствующие часам, также выделены точками и подписаны. Подписаны также зодиакальные знаки и полюса. Звезды отсутствуют.

АЛИДАДА. Визеры алидады прикреплены к диску диаметром 184 мм (толщиной 1,5 – 1,7 мм), несущему на себе шкалы оборотной стороны классической астролябии: шкалу косинусов, квадрат теней, зодиакальную и градусную шкалы. Знак Овна начинается с левого края, знаки идут против часовой стрелки. Каждый знак разделен на градусы, прописью подписаны 6-градусные части – «шесть градусов», «двенадцать градусов» ... «тридцать градусов» и так для каждого знака. Градусная шкала находится внутри зодиакальной, подписаны десятки градусов. Таким образом, в одном диске совмещены два элемента классической астролябии – алидады и обратной стороны. Пользование шкалой косинусов и квадратом теней невозможно без линейки. Высоту звезды или Солнца при желании можно измерить, пользуясь шкалой на корпусе. Однако, поскольку паук со звездами отсутствует, звезды не нанесены и на пластину Рохаса, время определить невозможно. Так что указанные шкалы и алидада нефункциональны. На обратной стороне этого диска продолжается таблица городов (см. выше).

АНАЛОГИ. На пластинах Рохаса европейского изготовления, одна из которых представлена и в нашем списке под № 12, были нанесены звезды. Это позволяло восстановить вид звездного неба на момент наблюдения и таким образом определить время. Хотя эта функция была не главной для данного вида астролябии.

БИБЛИОГРАФИЯ. Д. Кинг ошибочно предполагает, что пластина Рохаса зафиксирована и годится только для широты 0° [King, 2005, p. 326]. Дорн ссылается на востокове-

²⁸ Персидско-русский переводчик: URL = <http://www.farsidic.com/en/Lang/Translate>

да Н.В. Ханыкова, который в 1854–1857 гг. был генеральным консулом в Тебризе, а в 1858–1859 гг. возглавлял научную экспедицию в Хорасан [Dorn, 1865, p. 2]. Возможно, астролябия привезена в Россию именно им.



Рисунок А.5.2 – Судя по весьма схожему растительному узору на троне, классическая астролябия № 6, инв. ном. ВС 511 (справа) может быть сделана тем же мастером, что и универсальная астролябия № 5 (слева), т.е. Мухаммадом Тахиром

6 ПЕРСИДСКАЯ АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ МУХАММАДОМ ТАХИРОМ

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2).
Инв. номер VC 511. Передана по акту ОПИ1113 (или ОПИН13) от 12.06.1930 г., по всей
видимости, из Азиатского музея. Международный номер IC 1217 [King, E-catalog]. Имя
мастера (Moḥammad Ṭāher) выгравировано на обороте инструмента под квадратом теней
(см. рис. А.6.1). Изготовлена ок. 1688–1720 гг.

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Высота 238 мм. Общий вес 2224 г. (со шнуром).

КОРПУС. Латунь. Диаметр 186 мм. Толщина 9,6 – 9,7 мм. Растительный рисунок на
троне весьма схож с рисунком универсальной астролябии № 5. Угловая шкала с 1-
градусными делениями идет сверху по часовой стрелке, подписан каждый пятый градус –
5, 10, 15 ... 355, 360, причем сотни не сокращены. Каждый пятый штрих отмечен неболь-
шим кружком. Такие же кружки используются при обозначении букв с точками. На дне
корпуса находится справочник координат с 46-ю городами. Внешний круг дает три коор-
динаты – долготу (*атвал*), широту (*ард*) и киблу (*инхираф*) для 31 города, во внутреннем
круге для 15 городов дополнительно дана сторона горизонта, где находится Мекка – *джи-
хат* (она для всех одинаковая – \searrow , т.е. «ю.-з.»).



Рисунок А.6.1 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астролябии № 6. На врезке - имя
мастера (Moḥammad Ṭāher), которое выгравировано на обороте инструмента под квадра-
том теней. Имя Мухаммад написано с шаддой (знак в виде w), что означает удвоение зву-
ка «м» (у Мухаммада Халила на астролябиях №№ 2, 3 шадды нет). Нижнее слово «сан'а»
- сделал. О применении других глаголов см. [Иванов, с. 29] и [Maddison, 1997, p. 194]

ПАУК. Диаметр 167 – 168 мм. Толщина 1,6 – 1,8 мм. Из всех восточных астролябий, хранящихся в России, имеет самое большое количество звезд – 38 (больше только на европейской астролябии Арсениуса № 13). Такое же количество и схожий состав звезд имеет астролябия Мухаммеда Халила из музея в Чикаго – например, присутствуют ζ и η UMa, а также обозначен полюс эклиптики [Pingree, 2009, p. 104]: Каллиграфически подписанные на фоне растительного узора знаки зодиака. Эклиптика разделена на 2-градусные деления, подписан каждый 6-й градус. Такие же деления и линии основных кругов видны на обороте паука. Растительный узор нанесен вдоль внешнего круга – тропика Козерога. Имеется одна ручка – внизу, у основания звезд Ориона – для вращения паука.

1 – β Cas;	9 – α Aur;	17 – α Hya;	25 – α CrB;	32 – ζ Aql;
2 – γ Peg;	10 – β Ori;	18 – δ Leo;	26 – α Ser;	33 – β Cyg;
3 – β Cet;	11 – γ Ori;	19 – α Leo;	27 – η UMa;	34 – α Aql;
4 – ρ Cet;	12 – κ Ori;	20 – α CrI;	28 – α Sco;	35 – α Cyg;
5 – γ Cet;	13 – α Ori;	21 – γ CrV;	29 – α Oph;	36 – ϵ Peg;
6 – β Per;	14 – α CMa;	22 – α Vir;	30 – полюс	37 – δ Aqr;
7 – γ Eri;	15 – α CMi;	23 – ζ UMa;	эклиптики;	38 – β Peg.
8 – α Tau;	16 – Pup 11;	24 – α Boo;	31 – α Lyr;	

ТИМПАНЫ. Семь тимпанов. Диаметр 168 мм. Толщина 0,6–0,8 мм. Сетка линий выполнена очень точно (см. рисунок А.1.2). Высоты проведены через 2° , азимуты через 10° .

1a	22°	13 ч. 21 м.	5a	34°	14 ч. 18 м.
1b	27°	13 ч. 30 м.	5b	33°	14 ч. 12 м.
2a	38°	14 ч. 39 м.	6a	28°	13 ч. 47 м.
2b	36°	14 ч. 28 м.	6b	30°	13 ч. 56 м.
3a	20°	13 ч. 13 м.	7a	horizonts	
3b	18°	13 ч. 5 м.	7b	$66^\circ 30'$ (ecliptic)	
4a	37°	14 ч. 36 м.			
4b	32°	14 ч. 7 м.			

Нанесены линии неравных (косых) часов, подписанных стандартными цифрами абджадии, и равных (вавилонских), подписанных индо-арабскими цифрами ١٢٣٤٥٦٧٨٩. На пластинах для широт 18° , 20° , 28° вавилонских часов нет. При этом вавилонские часы на пластинах для 27° и 37° подписаны только до 10, а не до 13, как все остальные. Слова «ард» (широта), «саатухи» (долгота дня), «ал-магриб» (запад), «ал-маширик» (восток) выполнены в двух стилях – каллиграфическим (три пластины – для 18° , 22° и 32°) и обычным шрифтом.

ОБОРОТ. На троне имеется выемка для установки компаса. Сам компас отсутствует. Растительный узор с изображениями цветов, напоминающих подсолнухи.

Каллиграфически выполненные надписи в верхней половине совпадают с надписями на астролябии № 1. Имеется пять кривых для определения киблы в городах Тус, Исфахан, Казвин, Багдад, Шираз, и семь кривых солнечных высот для широт от 30° до 48° с шагом 3° .

АЛИДАДА. Длина 168 мм. Визирные отверстия в противоположных визирах имеют разный диаметр – около 1,5 и 2,5 мм. Имеется также прямоугольный вырез на верхней кромке визира. Три традиционные шкалы на алидаде (как в № 1) пронумерованы без применения каллиграфического письма.

АНАЛОГИ. Кинг приводит ссылки на другие астролябии *Мухаммада Тахира*. При этом инструмент из Оксфорда № 46836 имеет совершенно другое оформление. Датирован всего один инструмент, который был выставлен на торги Сотбис 22.01.1973 г. – 1088 г. хиджры. Еще три инструмента приписывают мастеру с именем *Mu.hammad Amîn ibn Mu.hammad .Tâhir*: корпус и паук, датированные этим же временем – 1086 г. хиджры (IC 1020, Оксфорд MHS), а также два недатированных: в Вашингтоне и Калькутте [King, e-catalog]. Инструмент из Вашингтона декорирован Абд ал-А'иммом [Gibbs, Saliba, p. 68–69].

БИБЛИОГРАФИЯ. У Ченакала № 18 [Ченакал, 1968, с. 43–44, илл.].

7 БОЛЬШАЯ ДЕРЕВЯННАЯ АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ В 1720/21 г.

Надпись на троне гласит, что астролябия изготовлена по распоряжению могущественного правителя Aqa Qanbar-Ali, главного казначея Сефевидского государства. Его имя упоминается в рукописи №502077 (Majlis library, Iran). Год приведен в подписи мастера на обороте инструмента и соответствует 1720/21, последнему году правления последнего сефевидского Солтана Хосейна I, накануне афганского вторжения. Международный номер IC 1149 [Price, 1957, p. 28].



Рисунок А.7.3 – Лицевая и оборотная стороны трона астролябии № 7. Надпись:

حسب الفرموده عالیحضرت خدایگانی، مقرب الخاقانی آقائی، آقا قنبر علی، دام ظلّه العالی، این اسطرلاب صورت اتمام یافت.

– «по указанию его превосходительства Aqa Qanbar Ali, могущественного служителя царствующего Хакана, для снискания его высокого покровительства эта астролябия была изготовлена грешным рабом Мухаммадом Каримом.

КОМПЛЕКТНОСТЬ. В деревянный корпус вложены 8 тимпанов из плотного картона, поверх располагается паук и узкая стрелка-указатель из латуни. Алидада из дерева. Крепежные элементы – ось, конек – из латуни. Общий вес ок. 2200 г.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ. Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер VP 856. Поступила, вероятно, из Азиатского музея в 1930 г. (в сопроводительной служебной информации указано – из Азербайджанского музея).

КОРПУС из дерева. Диаметр 435 мм. Высота 555 мм. Толщина 23 мм. Вес 1460 г. Лимб разделен на градусные деления, подписан каждый пятый градус, причем, очень необычно – прописью: پنج / ده / پانزده / بیست (пандж / дах / понздах / бист), т.е. пять, десять, пятнадцать, двадцать и так до 360 (см. раздел 19).



Рисунок А.7.1 – Автор с астролябией № 7. Справа – подпись мастера, которая находится на обороте инструмента под квадратом теней. Содержание надписи: Мухаммад Карим с эпитетом «грешный раб», и дата – 1133 г. хиджры = 1720/21 г.

На дне корпуса – обширная таблица городов. Она состоит из 48 секторов и двух кругов, т.е. в общей сложности здесь 94 города, если вычесть одну колонку, отданную под заголовки.

Для каждого города приведены пять координат – долгота, широта, кибла, расстояние до Мекки (*Masāfāt*) и сторона горизонта, где находится Мекка (*Al-jihāt*):

Таблица А.7.1 – Справочник координат (gazetteer) астролябии № 7.

	Населенный пункт		Долгота	Широта	Кибла	<i>Masāfāt</i>	<i>Al-jihāt</i>
1	Makka Mu'azzamah	مكة م عظمه	77 10	21 40	-	-	-
2	Madīnah Mushar- rafa	مشرقة مدينة	75 20	25 10	26 2	86	S.-E.*
3	Kūfah	كوفه	79 30	31 30	12 21	223	S.-W.
4	Basra	بصره	85	30	37 59	230	S.-W.
5	Miṣr	مصر	63 20	30 20	58 38	335	S.-E.
6	Madain	مدائن	80	33 10	13 2	261	S.-W.
7	Wasit	واسط	81 30	32 20	20 54	251	S.-W.
8	Mūṣil	موصل	77	34 30	42	285	S.-E.
9	Dimashq	دمشق	70	33 15	30 31	293	S.-E.
10	Mashhad	مشهد	92 30	37	45 6	451	S.-W.

11	Neyšābur	نیشابور	92 30	36 21	46 25	440	S.-W.
12	Sabzevar	سبزوار	91 30	36 5	44 12	422	S.-W.
13	Dāmghān	دامغان	88 55	36 20	38 5	382	S.-W.
14	Semnān	سمنان	88	36	36 17	382	S.-W.
15	Mazinan	مازنیان	90 30	37	40 41	426	S.-W.
16	Bastam	بسطام	83 10	38 10	39 53	400	S.-W.
17	Amul	امل	88 20	36 15	36 45	389	S.-W.
18	Kahūr	کجور	86 50	36 25	32 25	377	S.-W.
19	Bait al-Mukaddas	بیت المقدس	66 30	31 50	45 43	309	S.-E.
20	Surra man Raa	سر من رای	79	34	7 56	286	S.-W.
21	Khuwar	خوار	87 15	35 40	34 38	366	S.-W.
22	Rayy	ری	86 20	35	37 23	356	S.-W.
23	Esfarain	اسفراین	91 50	36 25	44 50	433	S.-W.
24	Qum	قم	85 40	34 45	34 1	373	S.-W.
25	Rudsar	رودسر	85 10	37	26 32	394	S.-W.
26	Barfurush	بارفروش	87 50	36 50	34 17	375	S.-W.
27	Sārī	ساری	88	37	34 28	399	S.-W.
28	Lahijan	لاهجان	84	37 15	22 40	370	S.-W.
29	Astarābād	استرآباد	89 35	36 50	38 48	416	S.-W.
30	Gorgan	گرجان	90	36 50	39 48	418	S.-W.
31	Torshiz	تورشیز	92	35	48 15	416	S.-W.
32	Herāt	هرات	94 20	34 30	54 5	439	S.-W.
33	Tūn	تون	92 30	34 30	50 20	414	S.-W.
34	Ṭabas	طیس	92	33	52 52	385	S.-W.
35	Sarakhs	سرخس	94 30	37	49 12	476	S.-W.
36	Marw	مرو	97	37 40	52 30	520	S.-W.
37	Kain	قاین	93 20	33 40	54 1	414	S.-W.
38	Qazwīn	قزوین	85	37	27 34	352	S.-W.
39	Alamut	الموت	85 37	36 21	28 53	364	S.-W.
40	Taleqan	طالقان	85 45	36 21	29 33	362	S.-W.
41	Abhar	ابهر	84 30	36 40	24 53	363	S.-W.
42	Zanjān	زنجان	83 40	36 30	22 37	352	S.-W.
43	Sāwa	ساوه	85	35	29 16	333	S.-W.
44	Hamadān	همدان	83	35 10	22 10	320	S.-W.
45	Nahāvand	نهاوند	83 15	34	24 29	305	S.-W.
46	Shahrazur	شهرزور	83 20	32 30	24 14	261	S.-W.
47	Ganja	گنجه	83	41 20	15 45	450	S.-W.
48	Barda	بردع	83	40 30	16 10	432	S.-W.
49	Darband	دربند	85	43	19 29	495	S.-W.
50	Tabriz	تبریز	82	38	15 40	465	S.-W.
51	Salamās	سلماس	79	37	7	357	S.-W.
52	Nakhjawan	نخجوان	85 9	38	12	375	S.-W.
53	Khuwai	خوی	79 40	37	8 30	357	S.-W.
54	Marand	مرند	82 40	37 50	11 50	365	S.-W.
55	Marāgha	مراغه	82	37 20	16	360	S.-W.
56	Dinawar	دینور	83	35	22	317	S.-W.
57	Damdām	دمدم	79 40	37	9 1	344	S.-W.
58	Kirman	کرمان	92 30	29 50	63	356	S.-W.
59	Sīrjan	سیرجان	90 8	29	60	315	S.-W.
60	Hurmūz	هرمز	92	25	72	274	S.-W.

61	Qandahār	قندهار	107 40	33	75	356	S.-W.
62	Kabul	کابل	104 10	34 7	69	604	S.-W.
63	Multan	ملتن	107 35	29	81	632	S.-W.
64	Lahur	لاهور	119	31	77	674	S.-W.
65	Daibul	ديبل	102 30	25	86	521	S.-W.
66	Kashmir	کشمير	108	24	69	605	S.-W.
67	Haiderabad	حيدر آباد	119 8	28	89 4	757	S.-W.
68	Işfahān	اصفهان	86 40	31 50	40 25	330	S.-W.
69	Yazd	يزد	89	32	47 1	331	S.-W.
70	Kāshān	کلشان	84	34	35	324	S.-W.
71	Golpayegan	گلباگان	85	35	39	323	S.-W.
72	Sumairam	سميرم	86	32 20	32 20	288	S.-W.
73	Kirmanshah	کرمانشاه	89	34	23	307	S.-W.
74	Kurdistan	کردستان	85	34	30	311	S.-W.
75	Shīraz	شيراز	88	29	50	279	S.-W.
76	Estakhr	اصطخر	88	30	53 20	292	S.-W.
77	Shabur	شاپور	89	30	48	268	S.-W.
78	Fīrūzābād	فيروز آباد	88	28	57	253	S.-W.
79	Shustar	سروشتر	84	31	35	262	S.-W.
80	Arzangan	ارزگان	87	38	38	362	S.-W.
81	Amud	امد	73	28	28	367	S.-E.
82	Badghis	بادغيس	94	25	50	452	S.-W.
83	Maruchak	ماروجاق	97	36	54	505	S.-W.
84	Sultāniya	سلطانيه	84	37...	37	376	S.-W.
85	Shamākhī	شماخي	84 30	40 50	20	447	S.-W.
86	Ardabil	اردبيل	82 20	28	28	377	S.-W.
87	Tiflis	تفليس	83	43	43	486	S.-W.
88	Urganj	ارکنع	93 45	42 40	42 40	557	S.-W.
89	Baghdad	بغداد	80	28	28	266	S.-W.
90	Bahrain	بحرين	83	25	57	143	S.-W.
91	Fas, Tanjan	فاس طنجه	17	22 ...	78	1212	S.-W.
92	Dihli	دهلي	114	28 ...	87	763	S.-W.
93	Ujjain	اجين	102	24	25	515	S.-W.
94	Amuriya	عموره	64	45	45	533	S.-E.

Расстояние до Мекки (*масафат*) измеряется в «фарсах», 1 фарсах по разным данным составляет от 5,5 до 8,5 км [Хинц, Давидович, 1970, с. 120]. Параметр «*масафат*» встречается весьма редко, а в данном каталоге только на этой астролябии. В обширной коллекции из Вашингтона только одна поздняя астролябия (1801 г.) содержит эту координату [Gibbs, Saliba, p. 90]. Все координаты записаны прописью (см. также астролябию № 5). Например, для Мекки долгота равна семидесяти семи градусам десяти минутам: هفتاد و درجه ده دقيقه²⁹.

Из 94 местоположений однозначно отождествлены 76 населенных пунктов. Их координаты сравнивались с современными координатами. Расстояния между пунктами опре-

²⁹ Для перевода использовался персидско-русский переводчик URL = <http://www.farsidic.com/en/Lang/Translate>

делялись с помощью сервиса *Google-Maps* и веб-сайта www.distance.to. Результаты сравнения дали среднее значение фарсаха, равное 7.50 км со стандартной с.к.о. ± 0.35 км. Этот результат отличается от вышеперечисленных значений. Наш результат получен в предположении, что современные автомобильные трассы проходят близко к караванным маршрутам прошлого. Он относится к месту и времени источника, т.е. Kāshān, около 1420 г.

Таким образом, справочник городов позволил нам определить: 1) стандартное отклонение широт ($\pm 0.7^\circ$); 2) стандартное отклонение долгот ($\pm 1.4^\circ$); 3) разность между начальным меридианом древности (острова Фортуны) и современным гринвичским меридианом (34.6°); 4) величину арабского фарсаха и его стандартное отклонение (7.5 ± 0.35 км); 5) анализ направлений «киблы» показал высокую точность тригонометрических вычислений шесть веков назад.

ПАУК из латуни. Диаметр 358 мм. Толщина 1,4 – 1,7 мм. Вес 591 г. Количество указателей звезд в виде листьев – 22. Они весьма схожи с листьями, не являющимися указателями. Эклиптика разделена на градусные деления, подписан каждый 3-й градус. Знаки зодиака и названия звезд выполнены каллиграфическими надписями. В сложном растительном узоре имеются 4 отверстия, возможно, для ручек, которые не были изготовлены.

Таблица А.7.2 – Звезды астрологии № 7

№ п/п	Арабское название	Транскрипция	Перевод	Соврем. название
1	بطن الحوت	baṭn al-ḥūt	the belly of the fish	β And
2	كف الخضيب	kaff al-khāḍīb	the hand tinted [with henna]	δ Cas
3	راس الغول	ra's al-ghūl	head of Ghoul	β Per
4	عين الثور	ʿayn al-thawr	eye of the bull	α Tau
5	عيوق	ʿayyūq	(swaggerer?)	α Aur
6	رجل الحوزا اليسرى	rijl al-jawzā' al-yusrā	the left foot of al-Jawzā'	β Ori
7	منكب الحوزا	mankib al-jawzā'	the shoulder of al-Jawzā'	α Ori
8	شعري يمانى	shi'ra yamānī[yyah]	the southern Sirius	α CMa
9	ارس اتوم	al-ras al-taum	the head of the foremost twin	α Gem
10	شعري شامي	shi'ra sha'amī[yyah]	the northern Sirius	α CMi
11	فرد الشجاع	fard al-shujā' ^c	the isolated one of the hydra	α Hya
12	ظهر الأسد	zahr al-asad	the lion's back	δ Leo
13	صرفة	ṣarfa	the change [of weather]	β Leo
14	سمك اعزل	simāk a'zal	the unarmed simāk	α Vir

15	نير الفكة	nayyir al-fakka	the bright one of the broken vessel	α CrB
16	قلب العقرب	qalb al- ^c aqrab	the scorpion's heart	α Sco
17	نسر واقع	nasr wāqī ^c	the falling eagle	α Lyr
18	نسر طائر	nasr ṭā'ir	the flying eagle	α Aql
19	ردف الدجاجة	ridf al-dajāja	back of the hen	α Cyg
20	ذنب الجدي	dhanab al-jady	the tail of Capricornus	δ Cap
21	ذنب قيطس	dhanab qayṭus [janūbī]	the southern tail of Cetus	β Cet
22	سرة الفرس	ṣirrat al-faras	the navel of the horse	α And

ТИМПАНЫ. 8 шт. Диаметр 358 мм. Изготовлены на плотном картоне толщиной 1,0 – 1,2 мм. Диск с горизонтами на менее плотном картоне – ок. 0,8 мм толщиной. Линии проведены чернилами разных цветов. Альмукантараты проведены через каждый градус и подписаны индо-арабскими цифрами ١٢٣٤٥٦٧٨٩ и т.д., линии равных азимутов – через 10°. Значение широты пишется прописью после слова «ард» - широта. Приведена и максимальная продолжительность дня. Вместе с широтами дается список соответствующих городов (табл. А.7.3).

Всего на тимпанах 93 города, этот перечень немного отличается от списка городов в справочнике. Такие города, как Jiroft, Kich Makran и Mansurah на пластине для 28°, Katif – для 25°, Hulwan – для 34°, отсутствуют в справочнике данной астролябии, но имеются в справочнике астролябии из Британского музея, изготовленной для шаха Хусейна в 1712 г. Это указывает на близкое родство астролябий. Ряд городов отсутствует на обеих астролябиях, это Sham, Fars и три неотожествленных названия.

Диск для Куфы отличается от других дисков и выполнен индивидуально только для этого города, хотя Куфа есть и в списке городов для широты 32°. Это показывает особое отношение мастера к этому городу.

Почти на всех пластинах даны и косые (неравные), и равные часы. И те, и другие часы подписаны порядковыми персидскими числительными: اول (араб.) «аввал» - первый, دوم «довом» - второй, سوم «севом» - третий и т.д. Линии и подписи отличаются цветом.

Таблица А.7.3 – географические данные на тимпанах астрольбии № 7

Сто-ро-на	Ши-рота	Продолжи-тельность дня, час мин	Населенные пункты, названия которых перечислены на сторонах каждого тимпана
1a	22°	13 31	Makka, Fas Tanjan Maghreb;
1b	25°	13 34	Madīna, Bahrain, Hurmūz, Katif *, Daibul, Ujjain;
2b	28°	13 47	Jiroft *, Fīrūzābād, Haiderabad, Dihli, Kich Makran*, Mansurah*, Send (?)*;
2a	38°	14 40	Tabriz, Arzangan, Nakhjawan, Marw, Salamās, Khuwai, Marand, Sultāniya, Amul;
3a	30°	13 57	Shīraz, Sīrjan, Miṣr, Basra, Kirman, Estakhr, Fars *, Multan;
3b	36°	14 28	Qazwīn, Alamut, Talaqan, Neyšābur, Sabzevar, Dāmghān, Samnān, Bastam, Khuwar;
4a	32°	14 07	Iṣfahān, Yazd, Sumairam, Shustar, Wasit, Kūfah, Lahur, Bait Al-Mukaddas;
4b	34°	14 17	Kāshān, Golpayegan, Kurdistan, Nahāvand, Kain, Surra man Raа, Kabul, Sham*, Hulwan *;
5a	33°	14 12	Qandahār, Shustar, Shahrazur, Ṭabas, Baghdad, Madain, Dimashq, Wasit
5b	35°	14 22	Hamadān, Sāwa, Rayy, Qum, Torshiz, Tūn, Herāt, Kirmanshah, Badghis, Kashmir, Mūṣil;
6a	37°	14 34	Mashhad, Mazinan, Sarakhs, Astarābād, Gorgan, Faručag (?)*, Barfurush, Sarija, Abhar;
6b	90°	-	Curves of Almucantar;
7a	41°	14 57	Ganja, Barda, Shamākhī, Kvant thuzum (?)*;
7b	43°	15 12	Tiflis, Darband, Nurkan *, Urganj, Amurija;
8a	31° 30'	14 7	Kūfah;
8b	-	-	Curves of Half-horizons.



Рисунок А.7.2 – Фрагмент справочника городов (слева) и паука астрольбии № 7

ОБОРОТ. На троне имеется углубление для компаса, закрытое стеклом. Сам компас отсутствует. Имеется стандартный набор шкал: шкала синусов, кривые солнечных высот (8 шт.), азимуты киблы (5 линий), квадрат теней с таблицей триплицитетов (4x10) внутри, шкала котангенсов, знаки зодиака, управители деканов и термов. Шкалы квадрата теней разделены на 12 пальцев справа и 7 стоп слева, подписаны полными персидскими числительными – «йекъ» – один, «до» – два, «се» – три и т.д. (см. рис. А.7.3 и раздел 19). Внутри квадрата как обычно находится таблица триплицитетов. Особенность ее в том, что заголовки подписаны на персидском языке. Таким образом, в правой колонке перечислены «стихии» (*al-ṭabāʿi* – الطبايع): огонь (*āteš* – آتش), земля (*hak* – خاک), воздух (*bad* - باد), вода (*āb* – آب). А в верхнем заголовке представлены (слева направо) "их (т.е. соответствующих знаков) ночные управители" (*arbāb shabhāye īshān* – ارباب شبهای ایشان) и "их дневные управители" (*arbāb rūzhāye īshān* - ارباب روزهای ایشان). Третий заголовок (مثلثات) означает триплицитеты. Все остальные термины – названия зодиакальных знаков и планет – даны полными словами на арабском языке.

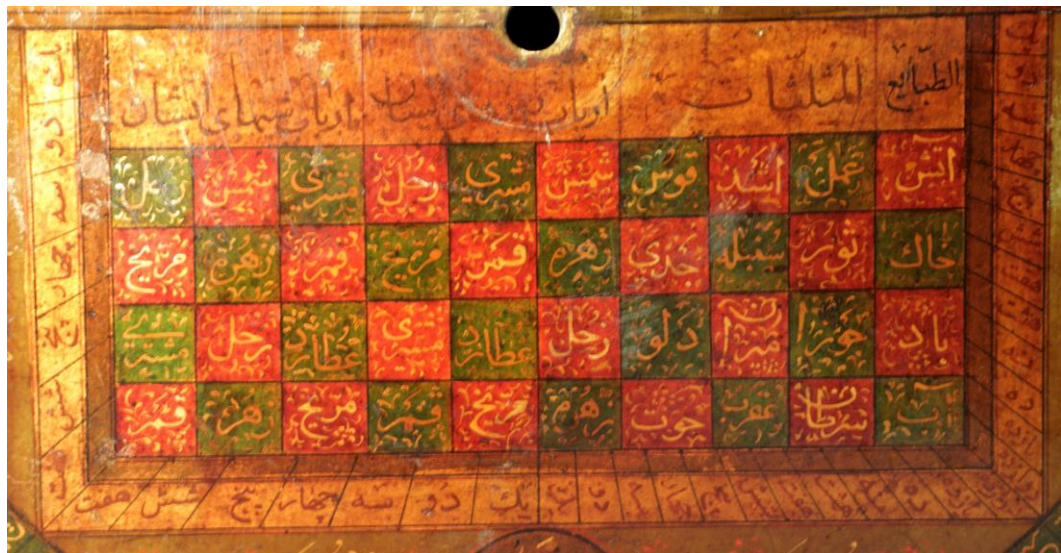


Рисунок А.7.3 – Таблица триплицитетов, раскрашенная в виде шахматной доски, внутри квадрата теней астролябии № 7

АЛИДАДА. Дерево. Длина 408 мм. Деревянные визеры крепятся к алидаде на шпонках. В каждом визере два отверстия диаметром около 2 мм. Содержит шкалу синусов, солнечные часы, шкалу склонений зодиакальных знаков (см. астролябию № 1). Шкала синусов – одна из немногих шкал на этом инструменте, подписанных традиционной абджадией – 5, 10, 15, ... 60.

АНАЛОГИ. Астролябия из Британского музея, Лондон, изготовленная для шаха Хусейна в 1712 г. Хотя изготовлена из металла, но близка по размеру (высота 53 см, наша – 55,5 см), набору местоположений в географическом справочнике и др. деталям.

БИБЛИОГРАФИЯ. В каталоге Д. Прайса даны основные данные: 1720 1149 LEN Persian M.Karim, диаметр не приведен [Price, 1957, p. 28]. В списке Ченакала значится под № 21 [Ченакал, 1968, с. 44, фото], где ошибочно дан диаметр 33,5 см..

Возможно, Б. Дорн приводит в своем списке именно эту астролябию, поскольку о других деревянных астролябиях в России ничего не известно: «в Императорской Публичной библиотеке [ныне Российская национальная библиотека] 734 г. [Хиджры] = 1333,4 [год не совпадает – прим. С.М.]; под ном. II. Астролябия из дерева, которая ранее там [в библиотеке] находилась, но, поскольку не имела отношения к астрономии, теперь находится в другом учреждении» [Dorn, 1865, p. 2]. Еще раньше Дорн упоминал об астролябии из дерева, которая хранилась в Императорской библиотеке и имела описание на французском языке. В описании сообщалось, что инструмент использовался турецкими бомбардирами [Dorn, 1838, p. 21].

8 АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ АБД АЛ-ГАФУРОМ. КОНЕЦ XVIII в.

Изготовил мастер Абд ал-Гафур ибн Мухаммад Сайда Афсар Ируми в 1780–1790 гг. Имеется надпись с именем мастера в картуше на обороте под квадратом теней.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая пл., 2). Инв. номер VC 510. Поступила из музея А.Л. Штиглица в 1925 г. Сохранился прежний инв. номер КИ 7087. Международный номер IC 3669 [King, e-каталог].

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Общий вес 1660 г. Особенность – подвес сделан не в виде подковы как обычно, а в виде пики (см. рисунок А.8.2). Через подвес продернут шнур. Имеется ось с полусферической головкой, конек утерян.

КОРПУС имеет диаметр 171 мм. Высота 258 мм. Толщина ок. 9,5 мм.

На дне корпуса находится справочник координат с 47-ю городами и двумя координатами для каждого города – долготой (*атвал*) и широтой (*ард*). Внешний круг содержит 32 города, внутренний – 15.

По ободу корпуса в 14 картушах выгравированы каллиграфически выполненная серия персидских виршей (рисунок 8.1). Аналогичные 14 виршей присутствуют на пауке астролябии Мухаммада Махди (1659/60 г.), где они нанесены вдоль тропика Козерога [Charette, 2005, p. 248]. Первый картуш содержит следующий текст: *اقر أ: هسته افلاك وانجمست* (این جام جم که بیسته) – т.е. «это кубок Джам[шида], который является вместилищем [небесной] сферы и звезд», где Джамшид – царь, персонаж иранской мифологии. Последующие вирши метафорически описывают различные компоненты астролябии – корпус, алидаду, кольцо, веревку и т.д. Последние две вирши нашей астролябии отличаются от вирш Махди.



Рисунок А.8.1 – Художественно оформленные вирши, идущие по ободу корпуса



Рисунок А.8.2 – Корпус с географическим справочником (слева) и обратная сторона астрлябии № 8. На врезке – подвес в виде пики.

ЛИЦЕВАЯ СТОРОНА. На троне вверху фраза «Знание у Аллаха, и он во всём сведущ», далее в несколько строк – шестая сура «Скот». Подписи пятиградусных делений на лимбе объединены в группы по три числа. На дне корпуса – таблица городов, которая содержит в двух рядах 32 и 15 пунктов, всего 47. Заголовки строк и названия городов выполнены каллиграфическим почерком вперемешку с растительным узором. Даны только долготы и широты, киблы нет.

АЛИДАДА. Длина 162 мм, ширина 8,9 мм, толщина 2,8 мм. Два визира высотой 15,5 – 16,0 мм имеют две пары отверстий – диаметром ок. 1,0 и 2,5 мм. Поверхность алидады покрыта каллиграфической надписью: «Когда истратишь жизнь (когда станешь старым), тогда получишь опыт, и этот опыт поднимет тебя к звёздам» (рисунок Б.2). Отсутствие шкал на алидаде может говорить о том, что к концу XVIII в. надобность в них окончательно отпала.

ПАУК. Гиббс называет дизайн таких пауков, которые изготавливались с начала XVIII в., дизайном двух восьмерок – «88» – по форме линий внутри круга эклиптики, напоминающих вьющуюся виноградную лозу [Gibbs, Saliba, 1984, p. 86]. Количество указа-

телей-листьев с названиями звезд, которые скрываются между обычными листьями без названий, не менее 30.



Рисунок А.8.3 – Паук астролябии № 8

ТИМПАНЫ – 5 шт. для широт (с максимальной продолжительностью дня):

- 25° (13 ч. 34 м.),
- 32° (14 ч. 6 м.),
- 33° (14 ч. 12 м.),
- 34° (14 ч. 17 м.),
- 35° (14 ч. 22 м.),
- 36° (14 ч. 28 м.),
- 37° (14 ч. 37 м.),
- 38° (14 ч. 43 м.),
- 40° (14 ч. 51 м.)

и пластина горизонтов (в четырех секторах для каждого третьего градуса широты).
Линии неравных и равных (вавилонских – от заката Солнца) часов. Каллиграфически в одном стиле выполнены надписи в центре, по краям горизонта, значения вавилонских часов, а также украшение по нижнему краю диска.

ОБОРОТ. Обратная сторона трона не заполнена, хотя строки и обрамление заготовлены. В верхнем левом квадранте проведены линии шкалы синусов (через 5 градусов). Линии проведены неравномерно, так что шкала нефункциональна. Поверх шкалы синусов – линии неравных (косых) часов, подписанные *خطو ساعات معوج* (*khuṭūt sā'āt* *tu'awwaj<ah>* - «линии неравных часов») [Gibbs, Saliba, 1984, p. 97]. В верхнем правом

квадранте нанесены концентрические дуги зодиакальных знаков (знаки подписаны дважды – по горизонтали и по вертикали). Над ними, по дуге – описание солнечных высот (сами кривые высот отсутствуют): *dawā'ir inṣāf al-nuhur fi al-'urūḍ al-marqūtah 'alā aṭrāfahā*), т.е. "круги середины дня в широтах отмечены в их максимумах" [Pingree, 2009, p. 148; Gibbs, Saliba, p. 107].

Здесь же даны три кривые линии – это направления на киблу из городов Тус (внизу), Исфахан, Багдад. Комментарии к ним даны ближе к центру (три вертикальные строчки): *khuṭūṭ sumūt al-qiblah fi al-bilād al-marqūmah 'alā aṭrāfahā [bi-irtifā' al-gharbi]*), т.е. "линии направления на киблу в городах, отмеченных на краях, для западных высот" [Pingree, 2009, p. 98; Gibbs, Saliba, 1984, p. 85]. Фраза оборвана, слова в квадратных скобках отсутствуют).

Квадрат теней для 7 стоп (слева) и 12 пальцев (справа). Пространство, прилегающее к квадрату, заполнено пояснительными надписями: *zill-i aṣābi' ma'kūs* (справа), *zill-i aqdām ma'kūs* (слева), *zill-i aṣābi' mustawī* (внизу справа) и *zill-i aqdām mustawī* (внизу слева). Термин *mustawī* обозначает горизонтальную шкалу, а *ma'kūs* – шкалу обратную. Внутри квадрата теней находится таблица триплицитетов. Подробнее о ней см. описание астролябии № 1.

Полукруглые шкалы в нижней части: котангенсы («стопы» *al-aqdām* справа и «пальцы» *al-aṣābi'* слева), управители термов (*al-ḥudūd*) и длина термов, знаки зодиака, управители деканов (*wujūh*) по греческой системе, лунные стоянки (*manāzil*).

АНАЛОГИ. Другие астролябии 'Abd al-Ghafūr ibn Mu.hammad Sa'īd: две в Вашингтоне [Gibbs, Saliba, p. 93–95, 95–98], одна в Чикаго [Pingree, 2009, p. 148–153], одна в Лондоне в Victoria and Albert Museum. Они датируются 1780-ми гг. Особенно близка по дизайну и содержанию астролябия из Чикаго.

БИБЛИОГРАФИЯ. Д. Кинг в своем интернет-каталоге (раздел 7, п. 4. Некоторые астролябии Abd al-Ghafūr ibn Mu.hammad Sa'īd) приводит ссылку на недатированную астролябию из Ленинграда, а также дает ее номер IC 3669 [King, E-каталог]. По списку Ченакала № 22 [Ченакал, 1968, с. 44]. Ссылка на астролябию из Эрмитажа есть у Гиббса [Gibbs, Saliba, 1984, p. 98].

9 МОСКОВСКАЯ АСТРОЛЯБИЯ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ В ЛАХОРЕ В 1587/88 Г.

ИЗГОТОВЛЕНА в 996 г. хиджры (1587/88 г.) в Лахоре с астролябии мирзы Байсунгура. Прототип предположительно изготовлен в Гиляне на ю.-з. побережье Каспийского моря. Байсунгур Ак-Коюнлу правил в 1490–1593, ум. 1499/1500 г. Международный номер IC 3674 [Gibbs et al, 1973, p. 29].

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Государственный музей искусства народов Востока / Музей Востока (Москва, Никитский бульвар, 12А). Инв. номер 815 II. Поступила в музей в 1939 г., ранее, в 1918 г. была приобретена преподавателем Астраханского университета Д. Усовым у астраханского коллекционера, владельца магазина и основателя одного из первых в России общества велосипедистов Хаима Абрамовича Гурни.



Рисунок А.9.1 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астролябии № 9

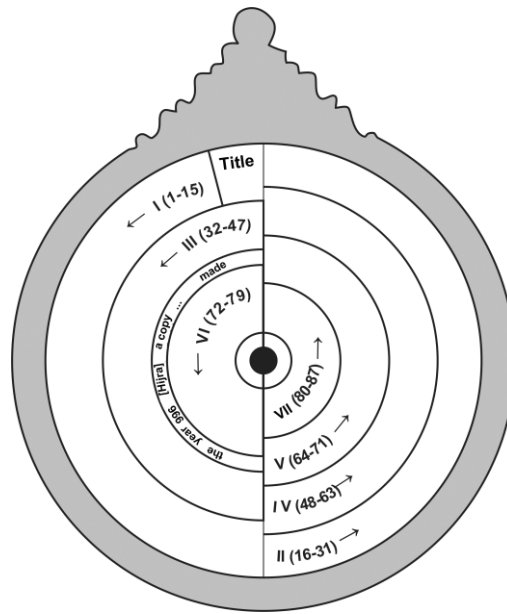


Рисунок А.9.2 – Структура географического справочника астрольбии № 9

КОРПУС: латунь, диаметр 151 мм, толщина 11 мм. Общий вес 1390 г. На лицевой стороне на троне надпись: «Скопированы числа этой астрольбии с астрольбии хозрата мирзы Байсунгура, да осветит [Аллах] могилу его, в 996 году хиджры в городе Лахоре». Градусная шкала (подписана от 0 до 360° с шагом 5° по направлению часовой стрелки, начиная с верхней точки). На дне корпуса нанесена таблица городов, расположенная неравными полукругами. Всего здесь приведено 87 пунктов (см. таблицу А.9.1), четыре из них дублируются, так что реально присутствует 83 города. Внутри таблицы дублируется надпись с датой изготовления: «в году 996 [хиджры] сделана копия чисел с астрольбии Байсунгура» (см. рисунок А.9.2). Первые 15 городов в справочнике совпадают с городами астрольбии из Гиляна (см. ниже «Аналоги»).

Таблица А.9.1 – Справочник городов астрольбии № 9 ³⁰

	Местоположение	Долгота	Широта	<i>Inḥirāf</i>	
Row I					
1	Baghdād	بغداد	80° 0'	33° 25'	13° 0'
2	Marāgha	مراغه	82 0	37 20	15 50
3	Tabrīz	تبريز	82 0	38 0	15 30
4	Sultāniya	سلطانيه	83 30	36 36	26 40
5	Hamadān	همدان	84 0	35 10	25 30
6	Qazwīn	قزوین	85 0	36 0	27 30
7	Jilān (Gilan)	جلان	85	37 0	28 35
8	Sāwa	ساوه	85 0	35 0	[39] 57
9	Rayy (Tehran)	ری	86 20	35 35	31 33

³⁰ Названия местоположений, приведенные в квадратных скобках, прочитаны неуверенно. Значения координат в квадратных скобках ошибочны. Они сравнивались со списком [Gibbs, Saliba, 1984, p. 192–200].

10	Qum	قم	86 40	[35] 45	35
11	Kāshān	كاشان	86 40	[32] 25	36 8
12	Iṣfahān	اصفهان	86 40	[29] 26	40 23
13	Shīrāz	شیراز	88 0	31 30	51 23
14	Abarqūh	ابرقوه	84 0	31 13	45 0
15	Yazd	یزد	87 0	31 13	47 17
R o w II					
16	Ba [°] ālbek	بعلبک	70 45	33 15	
17	Hims (Homs)	حمص	70 45	34	
18	Antākya	انطاكيا	71 26	35 30	
19	Ḥalab (Aleppo)	حلب	72	35 50	
20	Tartūs	طرطوس	68	36	
21	Malaṭiya	ملطیه	71	37	
22	[Anūdaya]	عنودیه	64	43	
23	Erzurūm	ارزروم	77	39	
24	Erzincān	ارزنکان	74	38	
25	Rās al- [°] Ayn	راس العين	74	36	
26	Mārdīn	ماردین	74	37	
27	Nuṣāybin	نصابین	75	37	
28	[°] Āna	عانه	76 30	34	
29	Mūṣil (Mōṣul)	موصل	77	34 30	
30	Ṭarābulus (Tripoli)	طرابلس	69 40	34	
31	Tikrīt	تکريت	75 20	34 30	
R o w III					
32	Makka Mukarra- mah (Mecca)	مکه مکرمه	77	21 40	
33	Miṣr (Egypt)	مصر	63 0	30 20	
34	Damietta	دمياط	63 30	31 30	
35	Qulzum Sāḥā	قلزم ساحا	64 0	29 30	
36	[°] Adan (Aden)	عدن	76 0	11 0	
37	Ṣana [°] ā	صنعا	76 0	14 30	
38	Zabid	زبيد	84 20	14 10	
39	Ṣuhār	صحار	84 0	14 20	
40	Madīna [?] (Me- dina)	مدینة	75 20	25 0	
41	Tāif	طایف	77 30	21 20	
42	Yamāmah	یمامة	82 30	23 0	
43	[Hajaran]	حجین (?)	83 0	25 15	
44	Laḥsā	لحسا	83 30	24 0	
45	Qaṭif	قطیف	84 0	25 0	20
46	Balkh	بلخ	101	36 41	54
47	Khujand	حجند	100 35	41 36	45
R o w IV					
48	Tūn	تون	92	34 30	
49	Samnān	سمنان	83	36	
50	Astarābād	استرآباد	89	36	
51	[qut] (Quwait ?)	اكت	82	26	
52	[Sūfard]	سوفرد (?)	88	36	
53	Kāzerūn	کازرون	87	29	

54	[Shābūr]	شَابور	86	30	
55	Kūfa	كوفه	79 30	31 30	
56	Sāmarrā	سامراء (?)	79	34	
57	Shamakhi	شماخي	84 30	39 50	
58	Nakhijewan	نخجوان	81	38	
59	Marand	مرند	80	37	
60	Salamās	سلماس	79	37	
61	Khoy	خوى	79 40	37 40	
62	[Arjashan]	ارجاشن	77 30	38	
63	Akhlāṭ	اخلاط	75 50	39 20	
Row V					
64	Bayt al-Maqdis	بيت المقدس	66 30	31 50	30
65	Ṭūs	طوس	92 30	36	45
66	Dimashq	دمشق	70 0	33 0	30
67	°Adan (Aden)	عدن	76	11	45
68	Konya	قونيه	69 0	38 0	42
69	[Tastad]	تستد	84 30	31 30	35
70	Neyšābur	نیشابور	82 30	36 21	45
71	Samarqand	شمرقند	90	40 0	49
Row VI					
72	Herāt	هرات	94	30 30	
73	Marw	مرو	97	37	
74	Balkh	بلخ	101	37	
75	Andarāb	اندراب	83	36	
76	Badakhshān	بدخشان	104 24	34 10	
77	Khujand	حجند	105 30	42	
78	Khutan	ختن	86	42	
79	Khānbāligh (Beijing)	خانبالغ	124	46	
Row VII					
80	Hurmūz (Ormuz)	هرموز	92	25	
81	Daibal	ديبل	82 30	25 20	
82	Kāzerān	قازران	87 30	29	
83	Kābul	كابل	104 40	34 30	
84	Qandahār	قندهار	100 40	33	
85	Kashmir	كشمير	105	30	
86	Chīn (China)	چين	135	24	
87	[?]	ما (?)	92 30	40	

Распределение городов, приведенное на рисунке А.9.3, показывает главные торговые маршруты, сложившиеся задолго до империи Сефевидов (до 1501 г.).

АЛИДАДА содержит визиры, вспомогательную шкалу для пользования шкалой синусов, солнечные часы, где один из визиров выполняет функцию гномона. Винт с гайкой.

ПАУК содержит 33 звезды на эпоху ок. 1540 г. (вычислена по положению звезд). Возможно, изготовлена Аллахдадом, основателем династии мастеров в Лахоре. Имеет характерные указатели в виде «сапожков» (12 шт.).

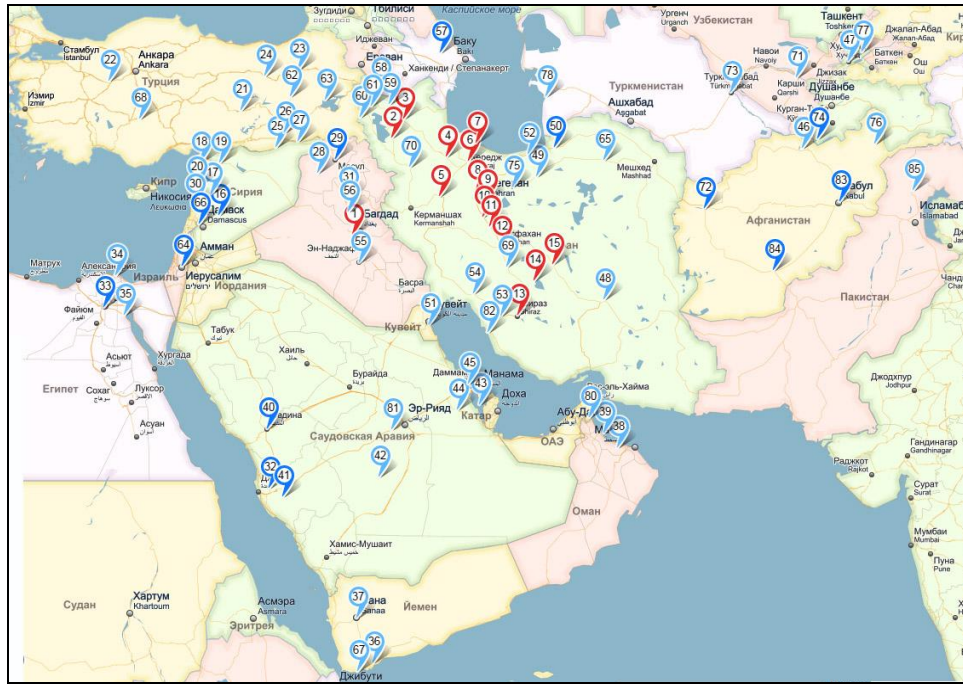


Рисунок А.9.3 – Распределение городов географического справочника астрологии № 9. Первые 15 городов выделены красным цветом. Не показаны два наиболее восточных китайских города (№№ 79 и 86)

Таблица А.9.2 – Звезды астрологии № 9

№ п/п	Арабское название	Транскрипция	Перевод	Соврем. название
1	كف الخضيب	<i>kaff al-khādīb</i>	the hand tinted [with henna]	β Cas
2	ذنب قيطس	<i>dhanab qayṭus janūbī</i>	the southern tail of Cetus	β Cet
3	رأس الحوت	<i>batn al-ḥūt</i>	the belly of the fish	β And
4	فم القيطس	<i>fam al-qayṭus</i>	the mouth of Cetus	γ Cet
5	غول (?)	<i>[ra's al-]ghūl (?)</i>	[head of] Ghoul	β Per
6	عين الثور	<i>'ayn al-thawr</i>	eye of the bull	α Tau
7	عيوق	<i>'ayyūq</i>	(?)	α Aur
8	رجل اليسرى	<i>riḡl [...] al-yusrā</i>	the foot [of al-Jauzā']	β Ori
9	مقدم المنطقة	<i>muqaddam al-minṭaqa</i>	first part, beginning of the girdle	δ Ori
10	يد الحوزا اليمنى	<i>yad al-jauzā' al-yumnā</i>	the right hand of al-Jauzā'	α Ori
11	شعري يمانى	<i>shi' rā yamānī [yyah]</i>	the southern Sirius	α CMa
12	شعري شامي	<i>shi' rā sha 'āmī [yyah]</i>	the northern Sirius	α CMi
13	نثرة سحابى	<i>nathra saḥābī</i>	<i>nathra</i> - the tip of the nose [of the lion], <i>saḥābī</i> - a nebulous [star]	ε Cnc
14	فرد الشجاع	<i>fard al-shujā'</i>	the isolated one of the hydra	α Hya
15	قلب الأسد	<i>qalb al-asad</i>	the lion's heart	α Leo
16	ظهر الأسد	<i>zahr al-asad</i>	the lion's back	δ Leo
17	صرفة	<i>ṣarfa</i>	the change [of weather]	β Leo
18	جناح الغراب	<i>janāḥ al-ghurāb</i>	the raven's wing	γ Crv
19	سمك اعزل	<i>simāk a'zal</i>	the unarmed simāk	α Vir
20	الغناق	<i>al-'anāq</i>	the badger (a desert animal)	ζ UMa
21	سماك رماح	<i>simāk ramiḥ</i>	simāk armed with a lance	α Boo
22	نير الفلكة	<i>nayyir al-fakka</i>	the bright one of the broken vessel	α CrB
23	عنق الحية	<i>'unuq al-ḥayya</i>	the serpent's neck	α Ser

24	قلب العقرب	<i>qalb al-‘aqrab</i>	the scorpion’s heart	α Sco
25	رأس الحوا	<i>ra’s al-ḥawwā’</i>	head of the serpent collector, or carrier	α Oph
26	نسر واقع	<i>nasr wāqi^c</i>	the eagle shooting down (the falling eagle)	α Lyr
27	رأس الجاثي	<i>ra’s al-jāthī</i>	head of the one kneeling	α Her
28	منقار الدجاجة	<i>minqār al-dajāja</i>	the hen's beak	β Cyg
29	نسر طائر	<i>nasr ṭā’ir</i>	the flying eagle	α Aql
30	ذنب الحوت	<i>dhanab al-ḥūt</i>	tail of the fish ³¹	δ Cap
31	فم الفرس	<i>fam al-faras</i>	the horse’s mouth	ε Peg ³² (α Peg)
32	منكب الفرس	<i>mankib al-faras</i>	the horse’s shoulder	β Peg
33	ذنب الجدي	<i>dhanab al-jady</i>	the tail of capricornus	δ Cap

Примечание – Долготы звезд № 27 и № 33 примерно на 30 градусов больше, чем должны быть (один зодиакальный знак).

ТИМПАНЫ: 5 шт. Функционален только один тимпан, одна сторона которого содержит набор линий для Мекки, вторая сторона – четыре квадранта линий для «всех горизонтов». Сторона для Мекки выполнена достаточно качественно, на ней указана широта 21°40’ и максимальная продолжительность дня 14 час. 20 мин. (правильное значение должно быть 13 час. 20 мин.). Все остальные стороны представляют собой некачественную имитацию тимпанов, надписи на которых не соответствуют линиям. Сторона для «всех горизонтов» помимо стандартных числовых значений по системе абджадии, содержит еще несколько не вполне обычных надписей (их положение обозначено на рисунке А.9.4):

1. ниже линии полугоризонта для 66°30’ выгравировано: افق عرض سول ساعاته (*ufq^c arḍ 66;30 sāl^c āt*), т.е. “горизонт на широте 66°30’; часы [самого длительного на этой широте дня]”; само значение продолжительности дня не дано, на полярном круге оно достигает 24 часов;
2. ниже линии полугоризонта для 72° выгравировано: افق عرض عب اليوم فيه عب (*ufq^c arḍ 72 al-yawm fī 72*), т.е. “горизонт на широте 72°; дней 72” (должно быть 82);
3. ниже линии полугоризонта для 78° выгравировано: افق عرض عح اليوم فيه قد (*ufq^c arḍ 78 al-yawm fī 104*), т.е. “горизонт на широте 78°; дней 104” (должно быть 122);
4. ниже линии полугоризонта для 84° выгравировано: افق عرض فد اليوم فيه قمو (*ufq^c arḍ 84 al-yawm fī 146*), т.е. “горизонт на широте 84°; дней 146” (должно быть 156);

³¹ (№30) видимо, в данном случае слово «рыба» обозначает Козерога.

³² Указатель №31 по координатам соответствует α Peg, но подписан как ε Peg.

5. для широты 84° за пределами экваториального круга (рядом с надписью 4) написано *يطلع ستة بروج على الدفعة و ستة على التدريج* (*ī-ṭalī^c satah burūj^c alī al-daf^cah wa satah^c alī al-tadarīj*), т.е. “шесть [зодиакальных] знаков восходят полностью и [другие] шесть [знаков] частично”;
6. для широты 78° за пределами экваториального круга (рядом с надписью 3) написано *يطلع الثور قبل الحمل معكوسا* (*ī-ṭalī^c al-thawr qabl al-ḥamal m^cakūsā*), т.е. “Телец восходит до Овна наоборот (?)”;
7. для широты 72° за пределами экваториального круга (рядом с надписью 2) написано *يطلع القمر [الحمل] قبل الحوت معكوسا* (*ī-ṭālī^c al-qamar [al-ḥamal] qabl al-ḥūt m^cakūsā*), т.е. “Овен восходит до Рыб наоборот (?)”.

Астролябия, изготовленная мастером Юсуфом ибн Хаджи ал-Гилян (Yusuf ibn Nājjī al-Jīlānī) в 1522 г. (ныне в гринвичском музее), имеет похожую пластину. Франсуа Шаретт так объясняет надписи: «Необходимо понимать выражение «день – это...» как «число дней в году с 24-часовым полярным днем...» [Charette, 2005, p. 222]. Первые четыре надписи на нашей астролябии можно понять именно так, хотя они и имеют большие ошибки. Пятая надпись констатирует тот факт, что на широте 84° полностью восходят только шесть зодиакальных знаков – от Овна до Девы (склонение севернее, чем -6°), остальные либо не восходят никогда (от Скорпиона до Водолея), либо восходят частично (Весы, Рыбы). Надписи 6 и 7 непонятны.



Рисунок А.9.4 – Пластина «всех горизонтов» астролябии № 9.

Цифрами 1–7 обозначены дополнительные надписи

ОБОРОТ. На троне надпись: «Владельцу сего – счастья и мира». Имеются шкалы: градусная (от 0 до 90° начиная от горизонтального диаметра вверх), шкала синусов, квад-

рат теней (не функциональный), триплцитеты (тригоны), календарная таблица (солнечные обращения от 1 до 99 лет), шкала котангенсов (нижняя половина лимба), астрологические сведения – управители термов, управители деканов (2 варианта).

Особого внимания достойна достаточно редко встречающаяся **календарная таблица** (таблица А.9.3). В таблице показано превышение продолжительности года над целым числом дней. Например, один тропический год длится 365 дней 5 час. 48 мин. 59 сек. Неполная часть дня выражается как $87^{\circ}15'$. Именно это значение мы видим в первой строке справа. Превышение (избыток) может быть получено для любого количества лет от 1 до 99, если складывать значения, соответствующие целым годам от 1 до 9 и десяткам лет от 10 до 90. По-видимому, эти значения использовались для построения так называемого «солярного» гороскопа, т.е. гороскопа на момент возвращения Солнца в то же самое положение, где оно было при рождении «натива». Процедура описана, например, у ал-Хорезми [Ал-Хорезми, 1983b, с. 263]³³. Подобная таблица имеется, например, на астрольбии, изготовленной мастерами семейства Кирмани двумя веками раньше, в 1388 г. [Pingree, 2009, p. 42–47].

Таблица А.9.3 – Календарная таблица, содержащаяся на обороте астрольбии № 9



Minutes	Degrees	Tens of years	Minutes	Degrees	Units of years
30	152	10	15	87	1
0	305	20	30	174	2
30	97	30	45	261	3
0	250	40	0	349	4
30	42	50	15	76	5
0	195	60	30	163	6
30	347	70	45	250	7
0	140	80	0	338	8
30	292	90	15	65	9

Рисунок А.9.5 – Фрагмент оборотной стороны астрольбии № 9 с календарной таблицей

АНАЛОГИ. Астрольбия с близкими элементами оформления изготовлена в 1522/23 г. в Гиляне мастером Юсуфом ибн Хаджи ал-Гилян (Yusuf ibn Hajji al-Jilani) [Cha-

³³ Ал-Хорезми использовал избыток 93° , что соответствует сидерическому году, периоду обращения Земли вокруг Солнца относительно звезд (без учета прецессии).

rette, 2005, p. 220–223]. Другие решетки мастера Аллахдада можно увидеть на астролябиях: 1567 г. (Salar Jung museum в Хайдарабаде, Индия); ок. 1570 г. [Charette, 2005, p. 227–231]; недатированная (музей Лахора).

БИБЛИОГРАФИЯ. Первое описание дал Смирнов [Смирнов, 1969]. Приведена в ССА каталоге: 996 1587 3674 160 MBK LANOR [Gibbs et al, 1973]. Сообщение о данной астролябии представлено автором диссертации на 34-м Симпозиуме научных инструментов в Турине (7–11 сентября 2015 г.) [Maslikov, 2015b, p. 67]. Подробное описание изложено в статье в Индийском журнале по истории науки [Maslikov, Sarma, 2016].

10 МАВРИТАНСКАЯ АСТРОЛЯБИЯ АКАДЕМИКА Б. ДОРНА

Изготовлена в Фесе или Марокко. 1730-е гг. Номер IC 3671 [King, e-каталог].

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Музей М.В. Ломоносова в составе Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН / Кунсткамера (С.-Петербург, Университетская наб., 3). Инв. номер МЛ-02723. Поступила в музей в 1959 г. Ранее хранилась в Государственной публичной библиотеке им. М. Е. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде (до 1918 г. – Императорская публичная библиотека). В библиотеку астролябия попала при Б.А. Дорне, который был одновременно библиотекарем и директором Азиатского музея. Он сделал и первое описание астролябии [Dorn, 1865, p, 26–31].

КОРПУС. Диаметр 115 мм. На лимбе подписаны 15-градусные деления. На троне с обратной стороны имеется выемка для компаса, сам компас не сохранился.

ПАУК имеет 21 характерный для астролябий из стран Магриба указатель крючкообразной формы. Указатели размещены на прямоугольных подставках с названиями.

ТИМПАНЫ: 4 шт. для Мекки ($21^{\circ} 40'$), Медины ($25^{\circ} 30'$), Фес и эль-Рибат ($33^{\circ} 40'$), Эль-Каср (35°), Марракеш ($31^{\circ} 30'$), и широты 36° , а также пластина всех горизонтов и пластина для широты 0° . Картонный вкладыш дополняет толщину пакета тимпанов. Для фиксации в корпусе тимпаны имеют выступ (зуб) сверху, который вставляется в выемку в корпусе.



Рисунок А.10.1 – Лицевая (слева) и обратная сторона астролябии № 10

ОБОРОТ. Три шкалы – градусная, зодиакальная и календарная. 0° Овна соответствуют 6 марта. Используется берберский календарь. На астролябии приведены месяцы этого календаря, используемые в северной части Марокко. Они имеют латинские корни (см. табл.). В берберском календаре дополнительный день високосного года может добавляться не в феврале, а в конце года. Этим, вероятно, можно объяснить имеющиеся дополнительные деления в декабре и январе.

Январь	Yennayer	يناير	Июль	Yulyuz	يوليه
Февраль	Febrayer	فبراير	Август	Yust[us]	أغسطس
Март	Mares	مارس	Сентябрь	Sutembir	سبتمبر
Апрель	Abril	أبريل	Октябрь	Ktuber	أكتوبر
Май	May	مايو	Ноябрь	Nwambir	نوفمبر
Июнь	Yunyu[z]	يونيه	декабрь	Dujembir	ديسمبر

АНАЛОГИ: астролябии Ахмада ал-Баттути изготовлены в 1720–1730-х гг., хранятся: одна в Гринвиче [Charette, 2005, р. 296–302], две в Оксфорде (#51459, #52713), две в Чикаго, одна из них, кстати, куплена в России в 1921 г. [Pingree, 2009, р. 20–29]. Из них компасом снабжена гринвичская астролябия, датируемая 1738/39 г.

Наша астролябия отличается от астролябий ал-Баттути более грубым изготовлением указателей большей, чем у него толщины, отсутствием Спики и Регула. Наиболее близка по дизайну паука, форме указателей, составу таблиц астролябия, которая сейчас находится в музее в Дохе (Катар) (инв. номер MW.385.2007). Она датируется 1145 г. хиджры = 1732/33 (хотя тоже не имеет подписи мастера). В то же время нельзя сказать, что их делал один мастер – отличается почерк, отдельные элементы паука, отсутствует компас. Ранее эта астролябия была в коллекции американского коллекционера Леонарда Линтона. Ее диаметр 209 мм.



Рисунок А.10.2 – На фотографии слева – фрагмент астролябии из Кунсткамеры, справа – из музея в Дохе.

БИБЛИОГРАФИЯ: Д. Кинг относит эту астролябию к поздним астролябиям из Магриба (XVII–XIX вв.) и дает ссылку на Б. Дорна [King, интернет-каталог]. Подробное описание астролябии сделал Б. Дорн [Dorn, 1865. P. 26–31]. Похожая астролябия описана у Гюнтера [Günther, 1932, v. I, p. 249–301]. Краткое описание и фото приведено в [Kisliakov et al, 2006, p. 46, 49].

11 АСТРОЛЯБИЯ С БАСМАЛОЙ

ИЗГОТОВЛЕНА предположительно в XVII в. Крепежные элементы – винт и гайка – современные. Алидада без гравировки. Международный номер IC отсутствует.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Музей М.В. Ломоносова в составе Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН / Кунсткамера (С.-Петербург, Университетская наб., 3). Инв. номер МЛ–03617. Поставлена на учет по акту от 10.11.1972 г. Ранее находилась в одном из родственных учреждений (в МАЭ или в Институте истории естествознания и техники).



Рисунок А.11.1 – Лицевая (слева) и обратная сторона астролябии № 11

КОРПУС. Диаметр 153 мм. Лимб разбит на градусы, подписанные четыре раза по 90 градусов (по часовой стрелке). На дне корпуса – таблица городов в двух concentрических рядах – 39 и 19 городов соответственно. Названия городов выполнены каллиграфически. В заголовке указаны долгота, широта, кибла и сторона горизонта, где находится Мекка. Чаще всего (и всегда для городов Персии) встречается комбинация غخ, т.е. «юго-запад», что соответствует реальному географическому положению Мекки (см. раздел 16).

ПАУК симметричный, заполнен растительным узором, имеет 34 указателя звезд в виде заостренных листьев. Внутри круга эклиптики каллиграфическое изображение басмалы – фразы, с которой начинается каждая сура Корана – *«во имя Аллаха, Милостивого, Мило-*

сердного» (араб. بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ — би-сми-ля́хи-р-рахма́ни-р-рахи́м). Слово الله (Аллах) – сверху, بِسْمِ (би-сми) чуть ниже. Далее два славословия الرحمن الرحيم расположены зеркально по обеим сторонам надписи. Для сравнения приведем более «правильную» басмалу (на рисунке А.11.2).



Рисунок А.11.2 – Басмала на пауке астролябии № 11 (слева) и пример «правильной» басмалы

ТИМПАНЫ – 4 шт. Указаны широты и долгота дня: 33° (14 ч. 12 м.), 32° (14 ч. 17 м.); 32° (14 ч. 17 м.), пластина горизонтов (4 сектора); 37° (14 ч. 37 м.), 30° (13 ч. 57 м.); 40° (14 ч. 35 м.), 36° (14 ч. 28 м.). Широта 32° дублируется. Содержание пластин весьма неоднородное. На всех пластинах (кроме пластины горизонтов) нанесены линии неравных и равных (вавилонских – от линии запада) часов. Линии равных азимутов имеются только в одном случае (для 32°), на двух пластинах они отсутствуют, на трех проведены ниже горизонта. На трех пластинах присутствуют линии астрологических домов, что являлось редкостью для ранних восточных астролябий, но вошло в употребление на астролябиях XVII–XVIII вв. Так, в Вашингтонской коллекции имеется только один такой инструмент 1750 г. [Gibbs, Saliba, 1984, p. 54, 119].

ОБОРОТ. Лимб подписан через каждые 5 градусов. Линии шкалы синусов проведены через 5 градусов. На зодиакальной шкале в правом верхнем секторе видны семь линий для определения киблы, четыре из них подписаны – [?], [?], Исфахан, Тус. Внутри квадрата теней – таблица триплицитетов (см. астролябию № 1). По нижнему краю – шкала котангенсов, разделенная на ступни (слева) и пальцы (справа). Далее, ближе к центру, знаки зодиака и лунные стоянки. Три ряда внутренней таблицы не заполнены.

АНАЛОГИ. Подобные решетки с басмалой имеют астролябии: 1685 г. [Charette, 2005, p. 268–272]; № 45509 (Оксфорд, 1682), но на них Вега имеет форму птицы.

БИБЛИОГРАФИЯ. В списке Ченакала [Ченакал, 1968] отсутствует. Краткое описание и фото приведено в [Kisliakov et al, 2006, p. 46, 48].

12 ИТАЛЬЯНСКАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ АСТРОЛЯБИЯ

Содержит классическую планисферную астролябию на лицевой стороне и универсальную астролябию Рохаса на обороте. Международный номер IC отсутствует.

ИЗГОТОВЛЕНА в 1563-1569 гг. в мастерской Хуана Баттисты Гисти (Giovanni Battista Giusti) во Флоренции, разработана Игнасио Данти (Egnatio Danti) (1536-1586).

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Центральный военно-морской музей (С.-Петербург, пл. Труда, 1). Инв. номер 58861/1-7. Астролябия поступила в музей в 1966 г. из Государственного Русского музея. Ранее, в 1944 г., из вещей архитектора [историка архитектуры] В.А. Таубера, умершего в блокадном Ленинграде. Таубер в 1923 – 1928 гг. был директором Музея отживающего культа, куда собирали имущество закрывающихся храмов.



Рисунок А.12.1 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астролябии № 12

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Астролябия имеет диаметр 186 мм, высоту 208 мм, общий вес 905 г. Имеется небольшой трон и кольцо. Линейка, необходимая для работы с проекцией Рохаса, отсутствует. Винт с гайкой и алидада современного изготовления.

КОРПУС: толщина ок. 6,5 мм. Имеется градусная и часовая шкалы на лицевой стороне. Утрачен участок шкалы длиной около 70° с левой стороны лимба в результате сильного удара клинком (?) с обратной стороны корпуса. Утраченный фрагмент аккуратно заменен. Дно корпуса не содержит информации.

ПАУК диаметром 166 мм и толщиной от 1 до 2 мм, имеет 25 указателей с латинскими названиями звезд. Некоторые указатели необычайно узкие и длинные. Имеется еще

четыре обломанных указателя (предположительно α Нуа, α Воо, α Ори, ϵ Рег). Указатель Сириуса не отогнут от решетки и не подписан. Имеется ряд грубых ошибок в положении звезд. Так, указатель ANDROMEDE (β или γ Андромеды) находится южнее эклиптики. Возможно, мастер использовал широту / склонение этой звезды со знаком минус вместо плюса. Указатель CEPHEI указывает на Кита и т.п. Имеются и неточности в написании названий (см. таблицу 12.1). Диаметр круга эклиптики 114,2 мм.



Рисунок А.12.2 – Паук астрольбии № 12

Таблица А.12.1 – Звезды астрольбии № 12

№ п/п	Надпись на инструменте	Перевод	Современное обозначение	Положение указателя
1	CEPHEI (должно быть CETVS)	Цефей	τ Cet	Указывает на τ Cet
2	PETO CASIOPEE (д.б. PECTVS)	Грудь Кассиопеи	α Cas	Обе звезды далеко
3	ANDROMEDE	Андромеда	β / γ And	Абсолютно ошибочно
4	PALINA (возможно от GALLINÆ – из названия α Cyg)		α Cet	Хорошо
5	PERSEI	Персей	α / β Per	Обе звезды далеко
6	BIRCVS (должно быть HIRCVS)		α Aur	Хорошо

7	LE VIRGILIE		Плеяды	Ближе к α Тау
8	ORIONIS	Орион	β Ori	Указывает на α Зайца
9	<i>нет подписи</i>		α CMa	Указатель «спрятан»
10	CAPV GEMINI	Голова Близнецов	α / β Gem	Обе звезды удовл.
11	CANIS MINOR	Малый Пес	α CMi	Очень плохо
12	COR LEONI	Корона Льва	α Leo	Удовл.
13	CAVDA VRSI MAIOR	Хвост Б. Медведицы	η UMa	Удовл.
14	SINISTR HVMERV BOOTIS	Левое плечо	γ Boo	Удовл.
15	ISPICA VIRGINI	Колос Девы	α Vir	Удовл.
16	BILANCIA SE[r]TENTRIONALIS	Ит. «весы» и лат. «север»	β Lib	Удовл.
17	HERCHVLIS CAPVT	Голова Геркулеса	α Her	Указывает на α CrB
18	CAPVT DRAGONI	Голова Дракона	γ Dra	?
19	VVLTVR CADENS	Падающий орел	α Lyr	Отл
20	AQVILA	Орел	α Aql	Отл
21	CAVDA CIGNI	Хвост лебедя	α Cyg	Отл
22	CAVDA CAPRICORNI	Хвост Козерога	δ Cap	Отл
23	CRVS AQVARI	Голень Водолея	δ Aqr	Обе звезды далеко
24	CAVDA PEGASII (д.б. CRVS)	Нога Пегаса	β Peg	Хорошее
25	<i>без подписи</i> [CERVIX PEGASII]	Шея Пегаса	α Peg	Ближе к γ Peg

ТИМПАНЫ. Два тимпана диаметром 167 мм. Первый – классический для широт 38° (юг Италии) и 45° (Падуя, Венеция). Его толщина неравномерная – от 0,7 внизу до 1,2 мм сверху. Второй тимпан содержит на одной стороне полярную проекцию северного полушария Земли, на второй стороне – календарную шкалу. На географической карте подписаны: ASIA, AFFRICA, AMERICA (Ю. Америка), EVROPA, NVOVA SPAGNA (Сев. Америка), SPA (Испания), ARABIA, CANAR, OCEANO (дважды), INDIA, ТРАПОВАНА (мифический остров Тапробана), MOLVCCHE (острова пряностей, за которые в XVI в. боролись Португалия и Испания). Нулевой меридиан проходит по Канарским островам. Проведены параллели через каждые 10° , до широты $+60^\circ$, в т.ч. экватор – *AEQVINOCTIALE*, а также тропик Рака – *TROPICO DEL CANCRO*. На календарной шкале даны названия месяцев (одной буквой, полностью только итальянское название марта – *MARZO 31*) с количеством дней в месяце. Один квадрант занят шкалой равных часов (*HORE NAZI MEZO DI* и *HORE DI PO*). Паз для фиксации тимпанов смещен от нижнего края на 20° вправо.

ОБОРОТ – ортографическая проекция Хуана де Рохаса (Juan de Rojas y Sarmiento), описание которой было опубликовано в 1550 г. в Париже. Линии параллелей 10° , 20° , 23° градуса выделены точками. Обозначены 10 звезд: CANIS MAIOR, SPICA VIRGINI, LVCIDA HIDRA, OCVLVS, COR SCORPII, CIGNVS, AQVILA, LIRA, HIRCVS, CAVDA

LE[o]NI[s]. Знаки зодиака указаны вдоль вертикального диаметра в пределах зоны эклиптики. Скорпион изображен не стандартным знаком, а миниатюрной фигуркой скорпиона.

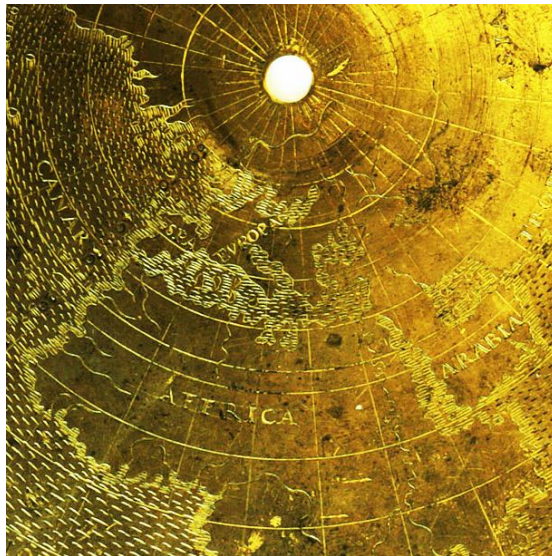


Рисунок А.12.3 – Фрагмент географического тимпана астролэбии № 12

АНАЛОГИ. Астролэбия Игнасио Данти, изготовленная ок. 1570 г. для широты $45^{\circ}40'$ (Венеция $45^{\circ}26'$), хранится в Оксфорде (инв. номер 52209)³⁴. Ее диаметр 410 мм. Она не имеет географической карты. С именем мастера Баттисты Гисти связана большая астролэбия (диаметром 840 мм), которая хранится во Флоренции. Еще одна астролэбия Игнасио Данти (диаметр 177 мм) хранится в Музее валлонской жизни (Musée de la Vie wallonne) г. Льеж (Бельгия). Она имеет аналогичную карту мира на тимпане, содержащую название AFFRICA (с двумя F) [Michel, 1976, p. 41]. В то же время, оформление лимба и надписи отличаются. Например, на бельгийской астролэбии на обороте даны термины HORE ANTE MERIDIEM и HORE POST MERIDIEM, на санкт-петербургской – HORE ANTI MEZODI и HORE DIPO MEZODI. Паук бельгийской астролэбии имеет совершенно иной дизайн, он близок к оксфордской астролэбии.

Другой близкий аналог – астролэбия из Вашингтона [Gibbs, Saliba, p. 151-153, fig. p. 48]. Совпадают итальянские термины MEZODI, а также месяцы на тимпане, обозначенные первой буквой, и полностью – MARZO 31. В Гринвиче имеется неполная астролэбия, предположительно относящаяся к Данти и датированная 1569 г. [Van Cleempoel, 2005b, p. 168–170].

БИБЛИОГРАФИЯ: В работе [Рогачев, 2003] выдвигается предположение, что астролэбия была спроектирована Игнасио Данти (1536–1586), изготовлена в мастерской Хуана Баттисты Гисти во Флоренции в 1562–1569 гг. и подарена Великому герцогу тосканскому Козимо I Медичи (1519–1574). В 1569 г. Данти написал «Трактат об использовании и конструировании астролэбии», который был посвящен Великому герцогу [Danti, 1569].

³⁴ URL = http://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/catalogue/browseReport/Astrolabe_ID=110.html

13 ФЛАМАНДСКАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ АСТРОЛЯБИЯ ГУАЛТЕРУСА АРСЕНИУСА

Классическая планисферная астролябия на лицевой стороне и универсальная астролябия на обороте. Международный номер IC 3101.

ИЗГОТОВЛЕНА в 1568 г. фламандским мастером Гуалтерусом Арсениусом (р. ок. 1530 – ум. незадолго до 1580 г.), период работы которого лежит между началом 1550-х и концом 1570-х годов. Надписи выполнены итальянским курсивом, который стал применяться после выхода в свет брошюры Герарда Меркатора «Способ написания латинских букв, который называется итальянским курсивом» [Mercator, 1540].

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Музей М.В. Ломоносова в составе Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН / Кунсткамера (С.-Петербург, Университетская наб., 3). Инв. номер МЛ-02722 (на обороте у основания трона). Поступила в музей в 1959 г. Ранее хранилась в Государственной публичной библиотеке им. М. Е. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде. Ее владельцем была великая княгиня Елена Павловна (1806–1873), у которой она значилась как астролябия, некогда принадлежавшая германскому полководцу Альбрехту Валленштейну (1583–1634).

КОРПУС: латунь, диаметр 335 мм. Трон украшен полулежащими поясными фигурами обнаженных мужчины и женщины (сатиры?). Имеется круглое углубление для компаса (компас не сохранился). Под тронем по ободу гравированная надпись на латинском языке: *G. A. nepos Gemmæ Frifj Louanÿ Fecit año · 1568 ·*. Лицевая сторона представляет собой классическую планисферную астролябию. Шкала на лимбе – единая для градусов (деления до $\frac{1}{3}^\circ$) и часов. На внутренней поверхности корпуса нанесена «роза ветров» с греческими названиями ветров в латинском написании: Aparitias, Aquilo, Greco, Coecias, Subsolanus, Vulturnus, Siroccho, Euro auster, Auster, Libonotus, Lebeccio, Africus, Zephirus, Corus, Magistralis, Circius.

АЛИДАДА расположена на лицевой стороне и содержит две шкалы – шкалу времени (Horæ occasus, т.е. «время захода Солнца», Horæ ortus, т.е. «время восхода Солнца») и шкалу склонений (Declinatio merid, т.е. «северное склонение», Declinatio septentrionalis, т.е. «южное склонение»).

ПАУК. Указатели звезд в виде крючков, всего 52. Латинские названия 45 звезд подписаны на элементах решетки (не подписаны звезды Б. Медведицы), некоторые сопровождаются символами планет, которые описывают характер астрологического действия данной звезды и значением звездной величины. На обороте паука мастер иногда отмечал номера звезд, в данном случае номера отсутствуют. Круг эклиптики имеет зодиакальную

и календарную шкалы. 0° Овна соответствует 11 марта. Дизайн паука часто называют «тюльпанообразным» (tulip-shaped), эту форму Арсениус заимствовал у Г. Меркатора. И тот и другой были учениками Геммы Фризиуса (1508–1555). Координаты звезд не соответствуют дате изготовления астрольбии, эпоха ок. 1700 г. [Van Cleempoe], 2005b, p. 181].



Рисунок А.13.1 – Лицевая (слева) и оборотная стороны астрольбии № 13

ТИМПАНЫ: три для широт 51° (на обороте – пластина горизонтов), $51^\circ 15'$ и 52° , что соответствует городам самой Фландрии – Лёвену, Антверпену и Роттердаму соответственно (Лондон имеет близкую широту – $51^\circ 30'$). Оборот второй и третьей пластины содержит дополнительные данные для этих же широт. Все тимпаны содержат круги равных высот (с шагом 1° , подписан каждый 10-й градус), круги равных азимутов (с шагом 3° , подписан каждый 15-й градус), линии неравных часов, линии астрологических домов.

На обороте пластины для широты 52° нанесена сетка равных азимутов с шагом 1° . На пластине горизонтов линии проведены для каждого градуса широты от 0 до 90° . На этой же пластине сверху внутри круга экватора проведены кривые для преобразования времени, а именно пересчета неравных (сезонных) (*Hora inequales*) в равные часы (*Hora equales*). Отмечены линии *Hora antemeridiam*, т.е. «до полудня» и *Hora postmeridiam*, т.е. «после полудня». Для пересчета используется алидада, на которой для этой цели размечена шкала *Hora occasus* и *Hora ortus*. В нижней половине пластины по периметру идут шкалы *Vmbra Versa* и *Vmbra Recta*. (Этот тимпан не удалось вынуть из корпуса).

Таблица А.13.1 – Список звезд астролябии № 13. Даны надписи на пауке и современные обозначения

1	Ala Pegafī eh 2	γ Peg	27	e 2	ϵ UMa
2	Caffi: Pec	α Cas	28	Spica \mathfrak{M} ce 1	α Vir
3	Cauda Ceti k 3	β Cet	29	[Vrfa maior]	ζ UMa
4	Andro v̄bil	β And	30	[Vrfa maior]	η UMa
5	Venter Ceti k 3	ζ Cet	31	Arcturus he 1	α Boo
6	Nares Ceti	α Cet	32	Bootis finift: hume: `k	γ Boo
7	Meduſa Caput kh 2	β Per	33	Lanx boreae clarior c` 2	β Lib
8	Perſei lat dex	α Per	34	Corona ſepten: c` 2	α CrB
9	Oculus Y e 1	α Tau	35	Ophiuchi fin: manus	δ Oph
10	Hircus e`h 1	α Aur	36	Cor \mathfrak{M} e` 2	α Sco
11	Orionis ſiniſter: pes hk 1	β Ori	37	Caput herculis ec 3	α Her
12	Orion ſiniſter humerus ec 2	γ Ori	38	Ophiuchi genu dex: kc 3	ξ Oph
13	Orionis dex: hume: e` 1	α Ori	39	Ophiuchi caput	α Oph
14	Canis maior he 1	α CMA	40	Caput draconis ke 2	γ Dra
15	Caput ω antece:	α Gem	41	Ophiuci manu: dex	ν Oph
16	Canicula ³⁵ `e	α CMi	42	Lȳra c` 1	α Lyr
17	Hydre clara kc2	α Hya	43	Aquila ce 2	α Aql
18	Cor δ ke 1	α Leo	44	Cauda cȳgni ce 2	α Cyg
19	Crateris fundus ck 4	β Crt	45	Cephei dex humerus	α Cep
20	[Vrfa maior]	β UMi	46	Cauda Y kh` 3	γ Cap
21	Vrfa	α UMa	47	Dexter hum \approx	β Aqr
22	Dorſum δ k`c 2	δ Leo	48	Pegafī rictus t r 2	ϵ Peg
23	maior	γ UMa	49	Crus \approx r v 3	δ Aqr
24	Cauda δ e 1	β Leo	50	Pegafī humerus hc 2	α Peg
25	Corui ala dextra ke 3	γ Crv	51	Pegafī crus eh 2	β Peg
26	[Vrfa maior]	δ UMa	52	Pegafī umbil	α And

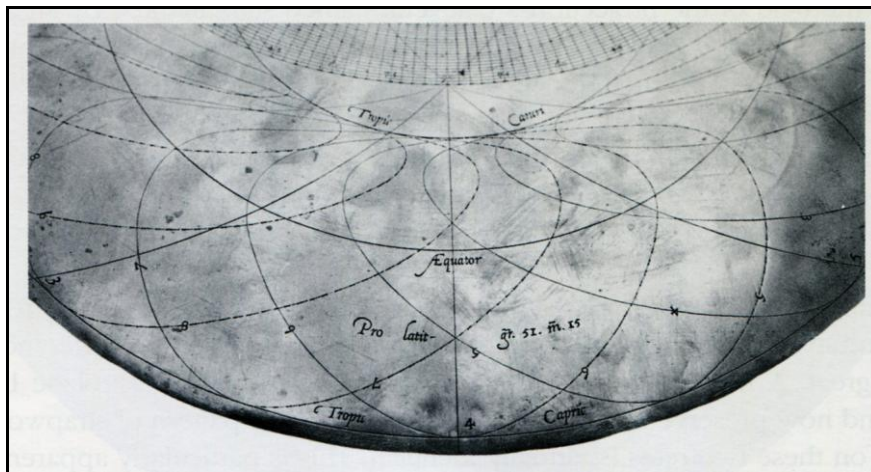


Рисунок А.13.2 – Необычные линии на пластине $51^{\circ}15'$ гравированной, возможно, Adrian Zeelst в конце XVI в. [Van Cleempoel, 2002, p. 145]

³⁵ Звезда №16 α CMi (Процион) подписана как Canicula, хотя этим именем обычно называют α CMA, т.е. Сириус.

ОБОРОТ. Универсальная сетка, представляющая собой стереографическую проекцию небесной сферы на колпур солнцестояний. Другое название – сафия Арзахеля. Линии параллелей и меридианов проведены через каждый градус. Под углом $23^{\circ}30'$ к экватору проведена линия эклиптики, вдоль которой обозначены знаки зодиака. Звезды обозначены кружками с 8-ю лучами, имеются латинские названия, всего 23 звезды.

Поверх сафии вращается линейка, играющая роль горизонта, со шкалой азимутов. На линейке имеется также зодиакальная шкала. Отсутствует малая линейка, перпендикулярная основной, для откладывания высот, и брахиола – шарнирный указатель в виде пальца с тремя суставами.

АНАЛОГИ. Другие астролябии Арсениуса хранятся в Чикаго (1558 и 1564 гг.) [Webster, 1998, p. 61–69], Париже (2 шт.), Мадриде, Лондоне (2 шт.), Брюсселе (2 шт.), Оксфорде, Флоренции (1572³⁶ и 1570³⁷ гг.). Всего 30 шт., изготовленных с 1556 по 1572 гг. Наиболее близка по строению астролябия из Чикаго 1564 г.

БИБЛИОГРАФИЯ. Первое описание сделано в 1961 г. [Ченакал, 1961]. В списке Ченакала № 10 [Ченакал, 1968, с. 43]. В октябре 1997 г. астролябия была в Мадриде на выставке работ мастеров из Лёвена, где ее изучал бельгийский исследователь Ван Климпол (Van Cleempoel). Он считает, что тимпан для широты $51^{\circ}15'$ изготовлен другим мастером – Adrian Zeelst в конце XVI в. [Van Cleempoel, 2002, p. 144–145].

³⁶ URL = <https://www.mhs.ox.ac.uk/epact/catalogue.php?Sort=Place&ENumber=31085>

³⁷ URL = <https://www.mhs.ox.ac.uk/epact/catalogue.php?Sort=Place&ENumber=69979>

14 НЕМЕЦКАЯ АСТРОЛЯБИЯ ГЕОРГА АЙЕРШОТТЕЛЯ

ИЗГОТОВИЛ Георг Айершоттель в 1614 г., Нюрнберг, Германия по книге Ф. Риттера из Нюрнберга [Ritter, 1613]. Международный номер IC 3102.

МЕСТО ХРАНЕНИЯ: Зимний дворец Петра Первого, Государственный Эрмитаж (С.-Петербург, Дворцовая наб., 32). Инв. номер ЭРТх 1262. Приобретена Я.Ф. Долгоруким во время поездки во Францию, преподнесена царю Петру в 1688 г. После смерти Петра в 1725 г. в числе других научных инструментов передана в Кунсткамеру, неоднократно меняла свое местонахождение, в 1941 г. передана в Эрмитаж. [Памятники..., 1966, с. 14–25].



Рисунок А.14.1 – Лицевая (слева) и обратная сторона астролябии № 14

КОМПЛЕКТНОСТЬ. Состоит из корпуса, одного тимпана, паука, алидады (визирь утрачены), крепежного винта и гайки. Подвес и кольцо отсутствуют. Общий вес 1624 г.

КОРПУС: латунь, диаметр 257 мм³⁸, толщина 5 мм. На лицевой стороне часовая (с делениями до 1 мин. времени) и градусная (с делениями до $\frac{1}{3}^\circ$) шкалы. Сверху имеются нацарапанные от руки (Петра?) слова *MINUTA* и *HORA*, поясняющие назначение шкал.

ПАУК содержит 30 звезд, в т.ч. 8 отмечены звездочками (астерисками) на элементах решетки. На решетке имеются незаполненные сегменты, где отсутствуют указатели звезд, в т.ч. ярких (Бетельгейзе, Альдебаран, Процион, Спика, Антарес). В исходном списке Ф. Риттера 52 звезды на эпоху 1620 г.

³⁸ Принятый в то время в Нюрнберге размер фута равнялся 304 мм, дюйм соответственно 25,33 мм, что практически совпадает с английскими мерами; получается, что диаметр астролябии составляет 10 дюймов.

Таблица А.14.1 – Звезды астролябии № 14

№ п/п	Надпись на инструменте	Значение	Соврем. обо- знач.
1	Pect[us] cassiope[iae]	Cassiopeia's breast	α Cas*
2	[Stella polaris]	Pole (star)	α UMi*
3	Venter Ceti	Whale's belly	ζ Cet
4	[Caput] algol	Monster's [head]	β Per
5	Dex[tru] lat[us] Persej	Perseus's right side	α Per
6	Si[nistrum]: Ge[nu]: persej	Perseus's left knee	ϵ Per
7	Sin[i]st[er] Pes Orio[nis] :	Orion's left leg	β Ori
8	Media Cing[ul]i Ori[onis]	The middle of the Orion's belt	ϵ Ori
9	D[extrum] : G[enu] : Orionis	Orion's right knee	κ Ori
10	Canis Ma[jor] Siri[us]	Canis Major	α CMa
11	ρ	Leo	α Leo*
12	Humerus Vrse Maioris	Ursa Major's shoulder	α UMa
13	Tergu[m] : ρ	Leo's back	δ Leo
14	Rostr[um] Corvi	Raven's beak	α Crv
15	Vindemiator	Grape-picker	ϵ Vir*
16	Vltima : cau[dae] : urs[a] : maio[ris]	Last in the tail of Ursae Majoris	η UMa
17	[Lucida Cynosure in quadr. Austr.]	Southern in the bucket of Ursa Minor	β UMi*
18	[Lucida Cynosure in quadr. Borea]	Northern in the bucket of Ursa Minor	γ UMi*
19	L[ucida] Corone	Star in the crown	α CrB
20	Cap[ut] : Herc[ulis]	Head of Hercules	α Her
21	Dracon[is] : lin[gua] :	Dragon's Tongue	μ Dra
22	Lucida lire	Star in Lira	α Lir*
23	Rostr[um] galline	Hen's beak	β Cyg
24	Aquila	Eagle	α Aql
25	[Caput Antinoj]	The head of Antinous	β Aql*
26	Ca[uda] delph[inj]	Dolphin's tail	ϵ Del
27	Ca[uda] c[yg]ni	Swan's tail	α Cyg
28	Arctur	Arcturus	α Boo
29	Hume[rus] sinist[er] \approx	Left shoulder	β Aqr
30	Dex[ter] h[umerus]. Peg[asus].	Pegasus' right shoulder	β Peg

* восемь звезд указаны не традиционными указателями, а астерисками в виде звезд.

ТИМПАН – один. Стороны для широт 54 и 55°. Содержит линии равных высот (через 5°), равных азимутов (через 5°), сумеречную линию – LINEA CREPVSCVLI ET AVRORAE, прямой горизонт – HORIZON RECTVS, наклонный горизонт – HORIZON OBLIQVVS, тропик рака – TROPICVS CAN CRI, равноденствие – AEQVINOCTIALIS, тропик козерога – TROPICVS CAPRICORNI, линии вавилонских (*Horae ab Occasu Solis*) и итальянских (*Horae ab Ortu Solis*) часов, линии астрологических домов.

ОБОРОТ: четыре круговых шкалы – градусная (с делениями до $1/3^\circ$), зодиакальная, две календарных шкалы по старому стилю / VETVS CALENDARIVM (0° Овна соответствует 10 $1/3$ марта) и новому стилю (0° Овна соответствует 20 $1/3$ марта). Сверху - линии неравных часов, в центре которых фигура мастера с циркулем и линейкой в руках. Вокруг рифмованная надпись: «*Bei diesem Werck Das Beste thutt Linial Grabstückell Zirckell Gutt*» («высокое качество обеспечивается использованием линейки, пера и делительного циркуля»). В нижней части – квадрат теней (VMBRA RECTA, VMBRA VERSA), под которым надпись с именем мастера и датой (ASTROLABIVM GEORGII AÿERSCHÖTTELLS VON NÿRMBERG IM IANR 1614).

АЛИДАДА (визеры утрачены), линейка со шкалой склонений и надписями DECLINATIO SEPTENTRIO: nalis и DECLINATIO AVSTRALIS. Ушко для подвеса небольшое, сам подвес и кольцо не сохранились.

АНАЛОГИ. Других инструментов этого мастера не обнаружено. Имеется еще одна астролябия (IC 619), сделанная по книге Ф. Риттера из дерева и картона ок. 1650 г. Диаметр 292 мм. Хранится в Германском музее [Stautz, 1999, p. 331–342].

БИБЛИОГРАФИЯ: подробное описание опубликовано в 2015 г. [Maslikov, 2015a]. В списке Ченакала № 12 [Ченакал, 1968, с. 43, илл.].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ НА АСТРОЛЯБИЯХ

Неравные (косые, или сезонные) часы - система счета времени, точками отсчета в которой служили моменты восхода и захода Солнца (подробнее см. раздел 3.3).

Равные часы – система счета времени, в которой сутки делились на равные 24 часа, начиная с восхода Солнца (итальянские часы) или захода Солнца (вавилонские часы) (подробнее см. раздел 3.3).

Дуги зодиакальных знаков, или иначе дуги склонения Солнца, являлись вспомогательными линиями (подробнее см. раздел 3.5).

Линии солнечных высот – линии, с помощью которых можно определить максимальную высоту Солнца на данной широте. На персидских астролябиях обычно наносилось 6-8 линий, каждая линия соответствует определенной широте. Например, на астролябии № 1 нанесено 8 линий, соответствующих широтам от 28° до 42° с шагом 2°. На астролябии № 2 – 7 линий от 30° до 42° с шагом 2°;

№ 3: 29°–44°, шаг 3°, 6 линий;

№ 4: 28°–38°, шаг 2°, 6 линий;

№ 6: 30°–48°, шаг 3°, 7 линий).

Минимальная широта 28° соответствует южной части Персии (южное побережье Персидского залива около 26°), максимальная широта 44° – лежит намного севернее Персии (Баку – 41,5° с.ш.). Линии используются совместно с дугами зодиакальных знаков (подробнее см. раздел 3.5).

Линии киблы – кривые линии для определения азимута направления на Мекку, а точнее на священную Каабу, находящуюся в Мекке, из одного из главных городов. Главными городами для персидских мастеров служили Тус, Йезд, Исфахан, Багдад, Куфа, Казвин, Ан-Наджаф, Шираз. От трех до пяти линий киблы (изредка больше) обычно находятся в правом верхнем квадранте оборотной стороны астролябии. Линии используются совместно с дугами зодиакальных знаков (подробнее см. раздел 3.5). В таблице показано количество линий на исследуемых астролябиях и порядок их следования, начиная с нижней линии, соответствующей городу Тус. Координаты взяты из [Gibbs, Saliba, 1984, p. 192–200].

Таблица Б.1 – Города, для которых наносились линии киблы

Город	Долгота	Широта	Кибла	Астролябия									
				1	2	3	4	6	7	8	11		
Эн-Наджаф	النجف	32 00											
Куфа	كوفه	79 30	31 30	12 31			5	?					
Шираз	شیراز	88 0	29 36	53 20	5				5	5			
Багдад	بغداد	80 00	33 25	12 45	4	3	4		4	4	3		
Казвин	قزوین	85 00	36 00	27 34						3			
Йезд	یزد	89 0	32 0	48 29	2		2						
Исфахан	اصفهان	86 40	32 25	40 29	3	2	3	2	2	2	2	2	2
Тус	طوس	92 30	37 00	45 06	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Шкала синусов / косинусов – шкала, обычно располагавшаяся в верхнем левом квадранте оборотной стороны астролябии. Представляет собой 60 параллельных линий (подробнее см. §3.5). Имеется на астролябиях №№ 1–4, 6–9, 11, т.е. на всех восточных астролябиях, кроме универсальной № 5 и мавританской № 10. Шкала на астролябии № 11 содержит только каждую пятую линию (всего 12). На московской астролябии № 9 проведено 67 линий вместо 60.

Квадрат теней – содержит шкалы тангенсов (справа и слева) и котангенсов (внизу). Первая используется при углах высоты менее 45°, а вторая – более 45°. При этом шкалы справа (боковая и нижняя) делятся на 12 частей и называются «пальцы». Шкалы слева делятся на 7 частей и называются «стопы» (подробнее см. раздел 3.5). Квадрат теней содержится на всех астролябиях, кроме двух европейских – № 12 и № 13. На московской астролябии № 9 квадрат теней нефункционален.

Шкала котангенсов – шкала, дублирующая функции квадрата теней и расположенная вдоль нижнего лимба астролябии (подробнее см. раздел 3.5).

Триплитеты (muthallathāt, лат. «тригоны») – группа знаков зодиака, расположенных под углом 120° друг к другу. Знаки, находящиеся в тригоне, это знаки одной «стихии»:

Знаки зодиака	«Стихия»	Арабское название	Персидское название
Овен, Лев, Стрелец	огонь	ناری – <i>nārī</i>	آتش – <i>āteš</i>
Телец, Дева, Козерог	земля	ترابی – <i>turābī</i>	خاک – <i>hak</i>
Близнецы, Весы, Водолей	воздух	هوا – <i>hawā'i</i>	باد – <i>bad</i>
Рак, Скорпион, Рыбы	вода	مائی – <i>mā'ī</i>	آب – <i>āb</i>

На астролябиях квадрат триплитетов располагался на обороте инструмента внутри «квадрата теней». Он был обычно озаглавлен الطبايع المتاثات اربابها بالنهار اربابها بالليل – «природа триплитетов [и] управителей дня [и] управителей ночи». Справа (см.

табл. А.2) идет колонка стихий, затем три колонки знаков зодиака, затем три колонки дневных управителей (т.е. планет) этих знаков (*bi-l-nahar*) и, наконец, три колонки ночных управителей (*bi-l-layl*). Персидские названия стихий можно найти на астрольбии № 7.

Таблица Б.2 – Таблица триплитетов

сатурн زحل	солнце شمس	юпитер مشتری	сатурн زحل	юпитер مشتری	солнце شمس	стрелец قوس	лев الأسد	овен حمل	огонь ناری
марс مريخ	венера زهرة	луна قمر	марс مريخ	луна قمر	венера زهرة	козель جدي	дева العذراء	телец ثور	земля ترابی
юпитер مشتری	сатурн زحل	меркурий زئبق	юпитер مشتری	меркурий زئبق	сатурн زحل	водолей دلو	весы ميزان	близнецы جوزا	воздух هوا
луна قمر	венера زهرة	марс مريخ	луна قمر	марс مريخ	венера زهرة	рыбы حوت	скорпион عقرب	рак سرطان	вода مائي

Лунные стоянки (*manāzil*) – деление зодиака на участки, которые Луна проходит за одни сутки. Сидерический период обращения Луны равен 27,3 суток. Количество лунных стоянок первоначально принимали за 27 (их протяженность $13^{\circ}20'$), позднее за 28 (в одном знаке зодиака $2\frac{1}{3}$ стоянки протяженность около $13^{\circ}50'$). Каждая стоянка привязана к характерной группе звезд. Стоянки присутствуют на всех восточных астрольбиях из нашего списка, за исключением московской астрольбии (№9). Перечень стоянок [Askermann, p. 76–79]:

Таблица Б.3 – Лунные стоянки

1	al-sharaṭān / al-naṭḥ	Шаратан	15	al-ghafr	Гафр
2	al-butayn	Бутан	16	al-zubanā	Зубана
3	al-thurayyā	Сурайя	17	al-iklil	Иклил
4	al-dabarān	Дабаран	18	al-qalb	Кальб
5	al-haq'a / al-maysān	Хака	19	al-shawla	Шаула
6	al-han'a / al-taḥāyī	Хана	20	al-na'a'im	Нааим
7	al-dhirā'	Дхира	21	al-balda	Балда
8	al-nathra	Натра	22	sa'd al-dhābiḥ	Дхаби
9	al-ṭarf	Тарфа	23	sa'd bula'	Булла
10	al-jabha	Джабха	24	sa'd al-su'ūd	Сууд
11	al-zubra / al-kharātān	Зубра	25	sa'd al-akhbiya	Ахбийя
12	al-ṣarfa	Сарфа	26	al-fargh al-muqaddam	Мукаддам
13	al-'awwa'	Авва	27	al-fargh al-mu'akhkhar	Муакхар
14	al-simāk al-a'zal	Симак	28	baṭn al-hūt / al-risha'	Риша

Деканы – 10-градусные деления знаков зодиака. В таблице ниже (см. астрорябию № 1) приведены планеты-управители каждого декана. Имеется и другие варианты следования управителей деканов [Askermann, p. 80].

Таблица Б.4 – Деканы

	10	20	30
Овен	Марс	Меркурий	Сатурн
Телец	Меркурий	Юпитер	Венера
Близнецы	Солнце	Марс	Меркурий / Луна
Рак	Сатурн	Луна	Юпитер
Лев	Венера	Солнце	Марс
Дева	Меркурий	сатурн	Луна
Весы	Юпитер	Венера	Солнце
Скорпион	Марс	Меркурий	Сатурн
Стрелец	Луна	Юпитер	Венера
Козерог	Солнце	Марс	Меркурий
Водолей	Сатурн	Луна	Юпитер
Рыбы	Венера	Солнце	Марс

Астрологические дома – деление зодиака (эклиптики) на 12 частей, начиная с точки, где эклиптика пересекает горизонт места. Восходящая точка эклиптики называется в астрологии асцендентом, противоположная, заходящая – десцендентом. Такое деление встречается в основном на европейских астрорябиях, имеются различные методы деления. Наиболее распространенный восходит к Региомонтану [Askermann, 2005, p. 81]. Линии домов присутствуют на тимпанах всех трех российских астрорябий, изготовленных в Европе – Данти (№ 12), Арсениуса (№ 13), Айершотттеля (№ 14).

Таблица городов располагается концентрическими кругами на дне корпуса, под тимпанами, и имеет заголовок: bilad, aṭwāl, ʿurūd, inḥirāf, masāfat, jihat, т.е. название города, долгота, широта, кибла, расстояние [до Мекки] и сторона горизонта [где находится Мекка]. Последние три параметра встречаются не на всех астрорябиях. Jihat обозначается комбинацией букв: s (samali) شمال – север, ج (ganubi) جنوب – юг, s (sarqi) شرق – восток, غ (garbi) غرب – запад.

Термы (араб. al-ḥudūd, тримсамса в индийской традиции) – показывают деление каждого знака зодиака на пять частей неодинаковой протяженности. В таблице ниже показан пример с московской астрорябии № 9. Планеты на шкале астрорябии обозначены последней буквой их названия (см. таблицу планет ниже в разделе 16). Метод деления, который мы здесь видим, восходит к «Тетрабиблосу» Птолемея. Сам он называл этот метод египетским, возможно происходящим в свою очередь от Нехепсона и Петосирида (151 г. до н.э.). Каждый знак содержит пять термов разной величины (в сумме составляющих 30 градусов). Светила из числа управителей исключаются.

Таблица Б.5 – Управители термов и протяженности термов в градусах. На шкале имеются ошибочно нанесенные данные, в квадратных скобках приведены правильные значения

Знак	Планета	Протяженность
Овен хамал الحمل	Юпитер	6
	Венера	6
	Меркурий	8
	Марс	5
	Сатурн	5
Телец саур الثور	Венера	8
	Меркурий	6
	Юпитер	8
	Сатурн	5
	Марс	3
Близнецы джауза الجوزاء	Меркурию	6
	Юпитер	6
	Венера	5
	Марс	7
	Сатурн	6
Рак саратан السرطان	Марс	7
	Венера	7 [6]
	Меркурий	6
	Юпитер	6 [7]
	Сатурн	7 [4]
Лев асад الأسد	Юпитер	4 [6]
	Венера	6 [5]
	Сатурн	5 [7]
	Меркурий	7 [6]
	Марс	6
Дева сунбула العذراء	Меркурий	7
	Венера	10
	Юпитер	8 [4]
	Марс	7
	Сатурн	4 [2]

Знак	Планета	Протяженность
Весы мизан الميزان	Сатурн	6
	Меркурий	8
	Юпитер	7
	Венера	7
	Марс	2
Скорпион акраб العقرب	Марс	7
	Венера	4
	Меркурий	8
	Юпитер	5
	Сатурн	6
Стрелец каус القوس	Юпитер	12
	Венера	5
	Меркурий	4
	Сатурн	4 [5]
	Марс	4
Козерог джади الجدى	Меркурий	7
	Юпитер	7
	Венера	8
	Сатурн	4
	Марс	4
Водолей далв الدلو	Меркурий	7
	Венера	6
	Юпитер	7
	Марс	5
	Сатурн	5
Рыбы хут الحوت	Венера	12
	Юпитер	4
	Меркурий	3
	Марс	4 [9]
	Сатурн	2

«Лошадки», или фиксирующие элементы астроябий, использовались на восточных астроябях (рисунок Б.1). Европейские мастера чаще применяли резьбовые соединения.



Рисунок Б.1 – «Лошадки», выполняющие роль шпунта или стопора, фиксирующего ось инструмента

Алидада – элемент астролябии, главным образом предназначенный для измерения углов. Наблюдения проводятся через визирные отверстия, расположенные на визирах у краев алидады. Шкалы на алидаде используются при различных вычислениях (рисунок Б.2).



№ 1. L = 109,8 мм



№ 2. L = 106 мм



№ 3. L = 107 мм



№ 6. L = 168 мм



№ 7. L = 408 мм



№ 8. L = 162 мм



№ 9. L = ок. 130 мм



№ 13. L = ок. 250 мм

Рисунок Б.2 – Алидады астролябий. Для каждой подписан номер и длина L

АРАБСКИЕ И ПЕРСИДСКИЕ ТЕРМИНЫ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ НА АСТРОЛЯБИЯХ

Таблица Б.6 - Планеты и их краткое (однобуквенное) обозначение (см. астролябию №1):

солнце	ал-шамс	الشمس	س
юпитер	ал-муштари	المشتري	ے
сатурн	зухал	زحل	ل
венера	зухара	الزهرة	ه
луна	ал-камар	القمر	ر
марс	ал-миррик	المريخ	خ
меркурий	ал-утарид	عطارد	ك

Таблица Б.7 – Знаки зодиака (البرج – абраж)

Овен	ал-хамал	al-ḥamal	لحمل
Телец	ал-саур	al-thawr	لثور
Близнецы	ал-джауза	al-jawzā'	الجوزاء
Рак	ал-саратан	al-saraṭān	السرطان
Лев	ал-асад	al-asad	الأسد
Дева	ал-сунбула	al-sunbula	سنبله
Весы	ал-мизан	al-mizān	الميزان
Скорпион	ал-акраб	al-‘aqrab	العقرب
Стрелец	ал-кауc	al-qaws	القوس
Козерог	ал-джади	al-jady	الجدي
Водолей	ал-далв	al-dalw	الدلو
Рыбы	ал-хут	al-ḥūt	الحوث

Таблица Б.8 - Разное

название [города, места]	билад - bilad	البلاد
долгота	aṭwāl	طول
широта	‘urūḍ	عرض
кибла	инхираф - inḥirāf	انحراف
расстояние [до Мекки]	масафат - masāfat	مسافات
сторона горизонта, [где находится Мекка]	джихат - jihat	جهه
длина светового дня	саатуху sā‘ātuḥu	ساعاته
градус	даража	درجه
минута	дакыка	دقيقه
склонение		
запад (на тимпанах)	ал-магриб	المغرب
восток (на тимпанах)	ал-маширик	المشرق
восток (в табл. координат)	sarqī	شرق (кратк. ?)
запад (в табл. координат)	gharbi	غرب (сокр. غ)
север (в табл. координат)	samali	شمال (сокр. ش)
юг (в табл. координат)	ganubi	جنوب (сокр. ج)

пластина горизонтов	safihe-ye afaqiyeh	صفحة آفقيه
горизонт		افق
шкала стоп	<i>zill-i aqdām</i>	
шкала пальцев	<i>zill-i aṣābi^c</i>	
триплитеты	<i>muthallathāt</i>	المثالثات
дневные управители	<i>bi-l-nahar</i>	
ночные управители	<i>bi-l-layl</i>	
лунные стоянки	<i>manāzil</i>	

ПЕРЕЧЕНЬ ЗВЕЗД, КОТОРЫЕ ПРИСУТСТВУЮТ НА «ПАУКАХ» АСТРОЛЯБИЙ

Таблица Б.9

	Звезда	Номер астроябии									
		1	2	3	4	6	7	9	12	14	
1	β Cas		+	+	+	+		+	+		
2	α Cas									+	
3	β Cet		+	+		+		+	+		
4	ζ Cet									+	
5	ρ Cet		+								
6	β And							+	+		
7	γ Cet			+		+		+	+		
8	γ Eri		+			+					
9	β Per	+				+		+	+	+	
10	α Per				+					+	
11	ε Per									+	
12	α Tau	+	+	+	+	+		+	+		
13	α Aur	+	+	+	+	+		+	+		
14	β Ori	+	+	+	+	+		+	+	+	
15	δ Ori*							+			
16	κ Ori					+					
17	γ Ori					+					
18	α Ori	+	+	+	+	+		+			
19	α CMa	+	+	+	+	+		+	+	+	
20	α CMi	+	+	+	+	+		+	+		
21	ε Cnc*							+			
22	α Hya	+	+	+	+			+			
23	α Leo	+	+	+		+		+	+	+	
24	α UMa		+	+	+	+				+	
25	δ Leo					+		+		+	
26	β Leo							+			
27	α Crt	+	+	+	+	+				+	
28	γ Crv	+	+	+	+	+		+			
29	α Vir	+	+	+	+	+		+	+		
30	ε Vir									+	
31	ζ UMa					+		+			
32	η UMa					+			+	+	
33	β UMi									+	
34	γ UMi									+	
35	α Boo	+	+	+	+	+		+	+	+	

36	α CrB	+	+	+	+	+		+		+
37	α Ser	+	+	+	+	+		+		
38	α Sco	+	+	+	+	+		+		
39	α Oph	+	+	+	+	+		+		
40	α Lyr	+	+	+	+	+		+		
41	α Her*							+	+	
42	β Cyg					+		+	+	
43	α Cyg	+	+	+	+	+				
44	α Aql	+	+	+	+	+		+	+	
45	δ Aql	+								
46	ζ Aql		+	+		+				
47	ε Peg*	+	+	+	+	+		+		
48	γ Peg					+			+	
49	β Peg		+	+		+		+	+	
50	δ Aqr		+	+	+	+		+	+	
51	δ Cap*	+						+	+	
Кол-во		23	28	29	25	38	22	33	25	30

Кроме перечисленных в таблице встречаются и другие звезды. Например, на итальянской астролябии № 12 нанесены: α Gem, α Dra, β Lib. На астролябии № 6 Мухаммада Тахира, где самое большое количество звезд, присутствует полюс эклиптики и звезда 4-й величины μ 11 (созвездие Кормы). Путаница со звездами присутствует в созвездии Кита, следует также детально разобраться со звездой γ Eri.

БУКВЕННАЯ СИСТЕМА ЗАПИСИ ЧИСЕЛ «АБЖДАДИЯ»

Абджадия – система записи чисел с помощью арабских букв. В таблице приведены числа от 1 до 100. На практике точки, как правило, опускались, так что различить некоторые числа достаточно сложно, например 12, 32 и 52. А цифры 3 и 8 в отсутствии точки отличались разной формой хвостика. Кроме того, в персидском варианте написания некоторые числа обозначаются другими буквами: \leftarrow 20, ص 60, ض 90. В качестве нуля могли использоваться разные символы, например, ع или ب .

Таблица Б.10

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
0	ع	ي	ك	ل	م	ن	س	ع	فا	ص	ق	قي
1	أ	يا	كا	لا	ما	نا	سا	عا	فا	صا	قا	قيا
2	ب	يب	كب	لب	مب	نب	سب	عب	فب	صب	قб	قيب
3	ج	يج	كج	لج	مج	نج	سج	عج	فج	صج	قج	قيج
4	د	يد	كد	لد	مد	ند	سد	عد	فد	صد	قد	قيد

5	ه	یه	که	له	مه	نه	سه	عه	فه	صه	قه	قیه
6	و	یو	کو	لو	مو	نو	سو	عو	فو	صو	قو	قیو
7	ز	یز	کز	لز	مز	نز	سز	عز	فز	صز	قز	قیز
8	ح	یح	کح	لح	مح	نح	سح	عح	فح	صح	قح	قیح
9	ط	یط	کط	لط	مط	نط	سط	عط	فط	صط	قط	قیط

ПЕРСИДСКИЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (см. астролябии № 5 и № 7).

Таблица Б.11 – Персидские числительные (<http://www.farsidic.com/en/Lang/Translate>)

		количественные	порядковые
1	йек (аввал)	یک	اول
2	до	دو	دوم
3	се	سه	سوم
4	чаар	چهار	چهارم
5	пандж	پنج	پنجم
6	шиш	شش	ششم
7	хафт	هفت	هفتم
8	хашт	هشت	هشتم
9	но	نه	نهم
10	дахь	ده	دهم
11	ёздахь	یازده	یازدهم
12	давоздахь	دوازده	دوازدهم
13	сездахь	سیزده	سیزدهم
14	чаардахь	چهارده	چهاردهم

		количественные	порядковые
15	понздахь	پانزده	پانزدهم
16	шонздахь	شانزده	شانزدهم
17	хабдахь	هفده	هفدهم
18	хаждахь	هجده	هجدهم
19	нуздахь	نوزده	نوزدهم
20	бист	بیست	بیستم
30	си	سی	سی و سوم
40	чел	چهل	
50	панджахь	پنجاه	
60	шаст	شصت	
70	хафтод	هفتاد	
80	хаштод	هشتاد	
90	навад	نود	
100	сад	صد	

