

- Van Buren,
1945. *Van Buren E. D. Symbols of the Gods in Mesopotamian Art. Roma, 1945.*
- Veldhuis, 2006. *Veldhuis N. Another Early Dynastic Incantation // Cuneiform Digital Library Bulletin 2006: 2 (http://cdli.ucla.edu/Pubs/cdlb/2006/cdlb2006_002.html).*
- Weidner,
1924–25. *Weidner E. Altbabylonische Götterlisten // Archiv für Orientforschung. 1924–1925. Bd. 2. S. 1–18, 71–82.*
- Woods, 2004. *Woods Chr. The Sun-god Tablet of Nabû-apla-iddina Revisited // Journal of Cuneiform Studies. 2004. Vol. 56. P. 23–103.*
- Woods, 2009. *Woods Chr. At the Edge of the World: Cosmological Conceptions of the Eastern Horizon in Mesopotamia // Journal of Ancient Near Eastern Religions. 2009. V. 9, № 2. P. 183–239.*
- ZATU. *Green M. W., Nissen H. J. Zeichenliste der Archaischen Texte aus Uruk. Berlin, Gebr. Mann Verlag, 1987 (Archaische Texte aus Uruk, Bd. 2).*

С. Ю. Масликов

ОТ ЗВЕЗДНЫХ КАТАЛОГОВ К ТАБЛИЦАМ И СПИСКАМ ЗВЕЗД ДЛЯ АСТРОЛЯБИЙ

Мастера многих стран ислама и средневековой Европы с IX по XVIII вв. изготавливали различного рода астрольбии. В настоящей статье мы рассмотрим главным образом планисферные астрольбии, на решетки («пауки») которых методом стереографической проекции наносились до нескольких десятков отобранных звезд. Вопросы, представляющие для нас наибольший интерес: (1) выявить критерии, которыми руководствовались астрономы при формировании списков звезд; (2) показать, каким образом списки звезд адаптировались с точки зрения удобства работы мастеров; (3) рассмотреть преемственность и новации при формировании списков звезд; (4) применить полученные результаты на практике при анализе конкретных инструментов.

В данной статье будут использоваться три близких по значению термина:

- 1) звездный каталог – перечисление максимально возможного количества звезд (обычно более 1000) вместе с их координатами, сгруппированных, как правило, по созвездиям и звездным величинам;
- 2) звездная таблица – выборка звезд из каталога для тех или иных целей (до 100 звезд), в том числе для дальнейшего формирования рабочего списка звезд;
- 3) список звезд – рабочий документ, максимально адаптированный для практического применения, содержащий от одного до нескольких десятков звезд; по списку мастер изготавливал элементы астрономических инструментов, в том числе астрольбии.

В соответствии с этими определениями, рассмотрим сначала наиболее обширные сборники звездных данных – каталоги.

Звездные каталоги

Наиболее ранний дошедший до нас звездный каталог был составлен в 137 г. н. э. Клавдием Птолемеем. Выдающийся 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 описал местоположения 1025 звезд [1, с. 583], которые традиционно называл «неподвижными», а также привел их эклиптические координаты и оценки блеска в звездных величинах. Каталог являлся частью обширного астрономического труда — «Альмагеста». Установлено, что Птолемей опирался на более ранние наблюдения Гиппарха, сделанные на 265 лет раньше [1, с. 576]. Для нас важно, что этот каталог стал своего рода стандартом, на основе которого более тысячи лет компоновались другие перечни звезд.

Классическими стали и набор звезд, и их координаты — эклиптические широты и долготы. Судя по значениям координат, при наблюдении отсчеты делались с точностью до $\frac{1}{6}$ доли градуса, реальная же точность составляла около $\frac{1}{2}$ градуса. В своей работе Птолемей столкнулся с тем, что из-за явления прецессии долготы звезд непрерывно увеличиваются, в то время как широты остаются неизменными. Эту же проблему вынуждены были решать и последователи великого грека. Сам Птолемей считал, что смещения звезд происходят со скоростью 1 градус за 100 лет (в реальности — один градус каждые 72 года), позднее арабские астрономы определили постоянную прецессии в 1 градус за 66 лет, хотя были и другие версии, в том числе и модель неравномерного движения, так называемая теория трепидации. Данный вопрос детально исследован в диссертации Г. Е. Куртика [2].

Во второй по величине (и значению) астрономической работе Птолемея — «Подручных таблицах» — имелся каталог около 180 звезд. В него входили звезды ярче 4-й величины, которые располагались в полосе вдоль эклиптики и, соответственно, имели широту меньше 10 градусов. Долготы отсчитывались от Регула (α Льва), лежащего почти точно на эклиптике [1, с. 439]. Каталог не охватывал все небо, и, таким образом, не мог быть основой для формирования списков избранных звезд для астрологов. (Во второй части статьи мы

рассмотрим подробно еще одну важную работу Птолемея, содержащую 30 звезд.)

В последующие несколько веков время от времени появлялись комментарии к «Альмагесту» [1, с. 445], однако не сохранилось сведений о новых наблюдениях неподвижных звезд, ни в позднеэллинистический период, ни в индийской астрономии, получившей развитие во II–IV вв. н. э. после перевода греческих работ на санскрит.

Дальнейшее развитие астрономия и ее раздел «о неподвижных звездах» получили на мусульманском Востоке в VIII–IX вв. Краткие звездные таблицы, составленные астрономами при дворе халифа ал-Мауна в 20–30-е гг. IX в., будут рассмотрены во второй части статьи. Здесь же отметим, что один из первых объемных каталогов, отличных от птолемеевского, составил арабский астроном Мухаммад ал-Баттани (858–929), работавший в Ракке и Дамаске (ныне Сирия). В своем каталоге на эпоху 880 г. он перечислил 533 звезды [3, р. 114; 4, р. 155].

Перечень звезд и их эклиптические координаты в каталоге ал-Баттани, так же, как это было почти во всех других каталогах Средневековья, основывались на Альмагесте Птолемея. В данном случае ал-Баттани почти вдвое сократил количество звезд, причем сделал это не всегда корректно — в некоторых случаях были исключены звезды 3–4 величины, и сохранены более слабые. Этот факт не позволяет сделать предположение о слабом зрении арабского ученого.

Что касается долгот, ал-Баттани принимал скорость прецессионного движения 1° за 66 лет. Таким образом, долготы звезд Птолемея за прошедшие 743 года — с даты 137 г. н. э. до 880 г. — он увеличил на $11^{\circ}10'$ [2, с. 118]. В реальности за этот период долготы звезд увеличились на $10^{\circ}23'$. Получается, что ал-Баттани сместил все звезды на $47'$ дальше по эклиптике, чем необходимо. Все последующие каталоги содержали такую систематическую ошибку, большую или меньшую.

Спустя менее ста лет 'Абд ар-Рахман ас-Суфи (903–986), живший в Персии, написал на арабском языке фундаментальную «Книгу созвездий неподвижных звезд», в которую был включен и каталог звезд Птолемея, пересчитанный на эпоху 964 г. Долготы звезд были увеличены на $12^{\circ}42'$ относительно долгот в каталоге Птолемея. Ас-Суфи исключил 8 звезд, которые не смог идентифицировать — в Возничем (Aug 14), в Волке (Lup 11) и в Ю. Рыбе (PsA 1e-6e) [5, р. 66]. Важным нововведением

ем было то, что он снабдил каталог рисунками фигур созвездий, облегчив отождествление звезд и устранив неоднозначности в положении некоторых из светил. Кстати, одна из немногих сохранившихся рукописей ас-Суфи на арабском языке хранится в Институте восточных рукописей в Санкт-Петербурге [6, с. 157]. 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). Соответствующая рукопись хранится в Стамбуле [3, р. 116].

Сельджукский математик и астроном Ибн ас-Салах (ум. 1153), понимая как важна точность звездных положений, приложил много усилий для того, чтобы устранить ошибки из многократно переписываемых текстов. В частности, он тщательно разбирает координаты 88 звезд в своей работе «Трактат о причине ошибок и описок в таблицах книг VII и VIII “Альмагеста”, а также возможные исправления к ним» [7].

Отметим две важные работы, выполненные учеными центральной Азии. Во-первых, это каталог Абу Рейхана 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 [8, с. 92–150].

Вторая работа — каталог Улугбека (1394–1449) на эпоху 1437 г., которым, можно сказать, завершилась эпоха арабских таблиц — зиджей. Считается, что Улугбек сам измерил долготы многих звезд, возможно около 900 из них, как отмечает американский исследователь Э. Б. Нобл в издании каталога 1917 г. [9, 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). Описания звезд он заимствовал у ат-Туси [3, р. 116].

Переместимся теперь в Средневековую Европу, точнее в ее регион, который первым воспринял научные знания арабов — в Испанию. Важным сборником астрономических работ стали Толедские таблицы в XI веке, но, поскольку они не содержали объемного звездного каталога, а лишь варианты кратких списков, речь о них пойдет во второй части статьи.

Что касается полных каталогов, первые переводы Альмагеста с греческого оригинала на латинский язык были выполне-

ны около 1160 г., но оставались малоизвестными. Зато перевод с арабского на латинский, сделанный в 1175 г. Герардо Кремонским (1114–1187) в том самом Толедо, получил широкое распространение [1, с. 447–448].

Версия каталога Птолемея на староиспанском языке была включена королем Альфонсом X Кастильским (1221–1284) в собрание астрономических трактатов «*Libros del saber de astronomia*» (букв. «Книги об астрономических знаниях») (1276 г.). Долготы звезд были пересчитаны на 1252 г., год коронации Альфонса X, они были увеличены на $17^{\circ}8'$ по сравнению с птолемеями. Эта версия каталога была малоизвестна за пределами Испании, также как и Альфонсовы таблицы — сборник различных астрономических и хронологических сведений. Но в 1320-х годах Альфонсовы таблицы в Париже были переписаны на латинском языке, тогда и началось их триумфальное шествие по Европе, продолжившееся появлением в 1483 г. первой печатной версии в Венеции [10, р. 93]. Не во всех рукописях Альфонсовых таблиц был включен звездный каталог, но там, где он был, он происходил от каталога ас-Суфи, судя, например, по восьми пропущенным звездам [5, р. 66].

Популярностью в Европе долгое время пользовалась еще одна версия каталога ас-Суфи на латинском языке — *Sufi Latinus*. В этой работе долготы звезд совпадали с долготами ас-Суфи (Птолемей $+12^{\circ}42'$), а эпоха указывалась 272 год Хиджры (т. е. 885/6 г.), что отличается от эпохи каталога самого ас-Суфи (964 г.). В рукописи из Парижа (Арсенал, 1036) в комментарии указывалось, что для перехода к эпохе 1210 г. необходимо увеличивать долготы звезд на $39''$ на каждый прошедший год (или на $1^{\circ}4'51''$ на каждые 100 лет, что соответствует 1° за 92,5 года) [5, р. 71].

Таким образом, вплоть до начала научной революции XVI–XVII вв. в Европе были распространены три основных звездных каталога: собственно каталоги в Альмагесте, в версии *Sufi Latinus* и в Альфонсовых таблицах, все на основе перевода Герардо Кремонского, причем последние были наиболее популярны [3, р. 118].

Вершиной же дотелескопических звездных каталогов стал каталог 1004 звезд Тихо Браге (1546–1601), составленный им в 1598 году. Несомненно, по количеству звезд он ориентировался на Птолемея, но по точности превзошел великого грека на порядок — ошибки в координатах звезд не превышали 2–3 угловых минут [11]. Этот беспрецедентный по точности ката-

лог ознаменовал приход нового поколения астрономических инструментов, постепенно вытеснивших универсальную астролябию из употребления.

Таблица 1. Наиболее известные звездные каталоги

Средневековый мусульманский Восток	Средневековая Европа, включая арабскую часть Испании
Птолемей, Альмагест, 137 г. н. э., 1025 звезд	
ал-Баттани, 880 г., 533 звезды (Пт + 11°10')	
ас-Суфи, 964 г., 1017 звезд (Пт + 12°42')	
ал-Бируни, 1030 г., 1029 звезд (Пт + 13°)	
	Герардо Кремонский, 1175 г. (Пт + 12°42')
ат-Туси, 1250 г., 1017 звезд (Пт + 16°45')	Альфонсовы таблицы, 1252 г. (Пт + 17°08') Sufi Latinus (Пт + 12°42')
Улугбек, 1437 г., 1018 звезд (Пт + 19°41')	
	Тихо Браге, 1598 г., 1004 звезды

Используемое сокращение: Пт – значение долготы из каталога Птолемея.

Завершим на этом рассмотрение больших звездных каталогов и перейдем к изучению более приближенных к практике изготовления астролябий, более коротких звездных таблиц и списков. В них могло содержаться от десятка до сотни избранных позиций. Согласно нашему первоначальному определению, простую выборку из каталога, содержащую те же эклиптические координаты, будем называть таблицей, а перечень звезд, адаптированный под практические нужды мастера – списком. Как правило, списки были короче таблиц.

Таблицы и списки звезд

В каталог по традиции, заложенной Птолемеем, астрономы старались занести не менее тысячи звезд. Мастерам, которые занимались изготовлением астролябий, не нужны были такие обширные данные. Для работы требовалась более практическая информация. Мастера изображали звезды на решетке, или «пауке» – пластинке с прорезями. Через подвижный паук, который мог вращаться, пользователь астролябии должен был



Рис. 1.

Астролябия из Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (инв. номер МЛ-03617). Цифрами отмечены указатели звезд: 1 – β Андромеды, 2 – ζ Кита, 3 – α Персея, 4 – α Кита, 5 – ?, 6 – α Тельца, 7 – α Возничего, 8 – β Ориона, 9 – ?, 10 – α Ориона, 11 – α Б. Пса, 12 – α М. Пса, 13 – α Гидры, 14 – α Чаши, 15 – β Льва, 16 – η Б. Медведицы, 17 – α Девы, 18 – α Волосаса, 19 – γ Волосаса, 20 – α Змеи, 21 – α С. Короны, 22 – α Скорпиона, 23 – ζ Змееносца, 24 – ?, 25 – α Лиры, 26 – α Орла, 27 – α Лебеда, 28 – ζ Лебеда, 29 – δ Козерога, 30 – β Пегаса, 31 – β Кассиопеи, 32 – ι Кита.

видеть сетку горизонтальных координат — линии равных азимутов и линии равных высот на неподвижном диске (тимпане), который находился под пауком. Каждая звезда изображалась указателем, обычно в виде заостренной пики или изящно выгнутого клинка, под которым подписывалось название звезды. Так что, на пауке мастера могли разместить ограниченное количество звезд — от одного до нескольких десятков.

Вторая проблема для мастера-практика заключалась в том, что эклиптические координаты неудобны для работы. Полюс эклиптики, от которого можно было бы откладывать широты звезд, никак не обозначен на пауке. В центре астрлябии находится полюс мира, так что от него удобно отмерять угловую величину $(90-\delta)$, где δ — склонение звезды в экваториальной системе координат. На практике расстояние r от центра астрлябии до указателя звезды измерялось в линейной мере. Склонение связано с r следующим соотношением [12, р. 108]:

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

где r_e — радиус экватора. Сам экватор тоже не обозначен на инструменте, но он пересекает эклиптику в точках весны (начало Овна) и осени (начало Весов). Поэтому можно измерить расстояние r_e от центра инструмента до этих точек. Пример см. на рис. 5.

При изучении некоторых средневековых таблиц исследователи встречаются с искусственной координатой — альтитудой (*altitudo*). Она еще больше упрощала работу мастера и позволяла наносить звезду на паук астрлябии вообще без каких-либо расчетов, только графическим путем. Сначала необходимо провести радиус звезды NO (см. рис. 2), затем от полученной точки O по внешнему лимбу инструмента откладывается значение альтитуды в градусах. Из полученной точки A опускается перпендикуляр на радиус NO, который и фиксирует положение звезды в точке S. В работе [13, р. 661] приводится формула, связывающая альтитуду alt со склонением звезды δ :

$$\cos (\text{alt}) = \operatorname{tg} [(90-\delta)/2] / \operatorname{tg} [(90+\varepsilon)/2].$$

Ее можно вывести из формулы (1), зная, что точка A находится на краю паука, на тропике Рака, так что склонение $\delta_A = -\varepsilon$ ($-23,5^\circ$).

Вместо второй координаты — эклиптической долготы — можно было бы использовать прямое восхождение звезды — центральный угол, отсчитываемый от точки весеннего равноденствия. Однако, размечать на внешнем краю паука шкалу прямых восхождений комуто из первых мастеров показалось излишним и он применил более удобную координату — медиацию (*coeli mediatio*). Эта искусственная координата служила только для удобства мастеров, так назывался градус эклиптики, кульминирующий вместе с соответствующей звездой. Или другими словами — это градус эклиптики, проходящий через меридиан одновременно со звездой. В русскоязычной литературе медиация часто переводится как «градус прохождения» (арабск. *tamarr* — прохождение), например в [14, с. 64].

Медиация звезды m связана с прямым восхождением α этой звезды выражением [12, р. 104]:

$$\operatorname{tg} m = \operatorname{tg} \alpha / \cos \varepsilon, \quad (2)$$

где ε — наклон эклиптики к экватору ($23,5^\circ$).

Рассмотрим, как и кем формировались короткие звездные таблицы и списки. Самая ранняя из известных нам работ, в которой можно обнаружить такой перечень, принадлежит все тому же Клавдию Птолемею. Он использовал 30 звезд для предсказания погоды на основе наблюдения дат синодических явлений звезд — гелиакического восхода или захода, акронического восхода, космического захода [1, с. 440–441]. Книга «Фазы неподвижных звезд» была переведена на английский язык в 1993 году, до этого, помимо собственно греческого текста второй части этого произведения Птолемея, был известен ее французский перевод.

В число избранных звезд (см. табл. 2, колонка Пт 30) попали все самые яркие звезды небесной сферы [15, р. 78]. Логично

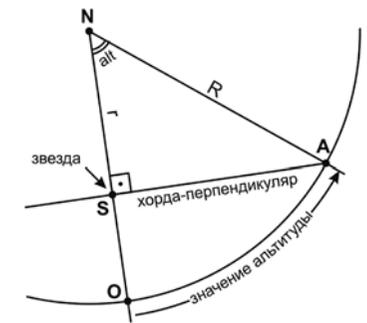


Рис. 2.

Альтитуда измерялась по шкале на внешнем лимбе астрлябии, начиная от точки O — пересечения радиуса звезды NO с краем лимба. Из полученной точки A на радиус звезды опускался перпендикуляр, он и фиксировал положение звезды S.

предположить, что для предсказания погоды в разные сезоны Птолемей должен был иметь более или менее равномерно распределенный на протяжении года набор явлений и соответствующих звезд. Для этого ему пришлось использовать и менее яркие, но хорошо опознаваемые на небе звезды, которые входят в звездные конфигурации (астеризмы), как, например, α Сев. Короны (звездная величина $2,2^m$). А вот звезда α Змееносца тоже не очень ярка ($2,1^m$) и не очень заметна на небе, но находится в области, где нет других таких звезд. Трудно объяснить лишь один факт выбора Птолемея — почему он не использовал ни одной звезды из «ковша» Большой Медведицы, ведь они так и просятся в список. Тем более, что эта область небесной сферы оказалась не заполнена, образовался пробел. Нельзя объяснить этот факт и тем, что это незаходящие звезды, ведь в работе используются еще несколько таких звезд.

Среди избранных звезд Птолемея, участвующих в формировании синодических явлений, мы видим четыре южные звезды:

- 1) «последняя» звезда в Эридана. Идентификация этой звезды неоднозначна (по версии переводчиков Птолемея [1, с. 255, 582] это θ Eri), но она имеет яркость всего $3,2^m$, в то время как α Eri, действительно являющаяся «последней», на порядок ярче — $0,46^m$). У самого Птолемея в каталоге сказано: «последняя звезда Реки, яркая, 1-й величины». С другой стороны, склонение звезды α Эридаана в эпоху Птолемея было -63° , а это означает, что она не поднималась над горизонтом Александрии (широта 31°).
- 2) Канопус (α Киля) — склонение -52° , максимальная высота над горизонтом Александрии составляет 7° ;
- 3) α Центавра — склонение -55° , максимальная высота 4° ;
- 4) Фомальгаут (α Ю. Рыбы) — склонение -35° .

Сразу отметим, что эти четыре звезды не могли быть нанесены на классическую астролябию, на которую небесная сфера проецировалась до тропика Рака (максимальное склонение $-23,5^\circ$). Но, как мы увидим в дальнейшем, арабские астрономы не сразу смогли отказаться от них.

Обратим внимание также на то, что в списке Птолемея имеется как минимум одна откровенно слабая звезда — это α Стрельца 4-й величины — непонятно как она оказалась в окружении звезд первой и второй величины. В более поздних списках звезд астролябий она встречается только один раз через 8 веков после Птолемея [16, р. 198].

В то же время Птолемей проигнорировал некоторые достаточно яркие звезды. Он не использовал ϵ Б. Пса ($1,5^m$), β Б. Пса ($2,0^m$), β Тельца ($1,6^m$). Из Ориона Птолемей взял рекордное количество звезд — четыре (α Ori $0,5^m$; β Ori $0,1^m$; γ Ori $1,6^m$; ϵ Ori $2,2^m$).

Несмотря на то, что в данной работе Птолемей использует избранные звезды для предсказания погоды, он применял при их отборе те же правила, которые позже астрономы применяли при выборе звезд для астролябий. Это подтверждается тем фактом, что большая часть из этих 30 звезд Птолемея встречается в более поздних списках звезд для астролябий (см. табл. 2).

Анализируя списки звезд из табл. 2, можно предположить, что таких правил три:

- 1) выбираются самые яркие звезды;
- 2) затем звезды в хорошо заметных фигурах (созвездиях или астеризмах), уверенно распознающиеся на небе;
- 3) и, наконец, другие более слабые звезды, заполняющие оставшиеся пустые места на небесной сфере.

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 неизвестный автор пожертвовал Капеллой, Канопусом и α Весов [17, р. 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.

Арабские астрономы ввели в научный оборот так называемые зиджи — сборники таблиц — календарных, математических, астрономических и астрологических. Они нередко содержали также теоретическое введение и описания правил пользования таблицами. Иногда в зиджи включались и таблицы звезд с эклиптическими и/или иными координатами. Долготы, если не наблюдались заново, получались путем добавления соответствующей поправки к долготам звезд в Альмагесте или в каком-либо другом базовом каталоге, а широты оставались без изменений. Такие зиджи были очень широко распространены в мусульманских странах. Обзор наиболее известных зиджей и

астрономических трактатов в странах ислама дал Э. Кеннеди в 1956 г. [4].

Нас интересуют прежде всего те зиджи, в состав которых входили таблицы звезд. Один из самых ранних примеров — это так называемый зидж ал-Мамуна или, как его еще называют, «Проверенный зидж» (в лат. переводе *Tabulae Probatae*). Входивший в его состав список 24 звезд был составлен на основе наблюдений, произведенных группой астрономов в Шаммасии (Багдад) по заказу аббасидского халифа ал-Мамуна (786–833). Его эпохой считается 214 год Хиджры (829/30 г.) [18, с. 120–121]. Единственная известная копия этого произведения хранится в библиотеке испанского монастыря Эскориал (№ 927). Долготы звезд отличаются от значений Птолемея в диапазоне от $9^{\circ}50'$ до $11^{\circ}40'$, что подтверждает факт проведения наблюдений.

Совместная работа лучших арабских ученых под покровительством ал-Мамуна привела к созданию других подобных работ. Так ал-Фергани (ок. 798–861) в IV главе «Книги о построении астролябии» приводит список 25 звезд на эпоху 856/57 г., сопровождающийся характерными координатами — склонением и медиацией. Описан и порядок построения решетки астролябии с этими звездами [14, с. 63–66]. Список звезд из рукописи Британского музея [19, р. 309] отличается от списка из рукописи Прусской библиотеки [14, с. 66–67] только мелкими ошибками переписчиков, мы приводим его в табл. 2 (колонка Фг 25). По составу список ал-Фергани мало отличается от вышеупомянутого «Проверенного зиджа» [20, р. 519], долготы увеличены на $15'$.

Арабский ученый Хабаш ал-Хасиб (ум. между 869–894 гг.) также как и ал-Фергани работал в Багдаде. Свой последний зидж Хабаш создал уже после смерти ал-Мамуна, в нем он всецело опирался на Птолемея (рукопись Альвардт № 5750, Берлин) [3, р. 118]. (К сожалению, перечень 30 звезд из зиджа Хабаша при написании этой статьи был недоступен автору.)

Семена, посеянные академией ал-Мамуна, долго продолжали давать всходы. Ас-Суфи (903–986) родился недалеко от Тегерана, в городе Рей, и, несомненно, знал труды своих предшественников. Среди его научного наследия кроме каталога, рассмотренного выше, имеется и ряд более кратких перечней, в том числе список 30 звезд [21, р. 156] (см. табл. 2, столбец Сф. 30). Это ранняя работа арабского ученого, написанная в его родном городе Рей в 920-х годах.

Сравнение этого списка ас-Суфи с предыдущими работами позволяет увидеть их общее происхождение. Об этом говорят, например, четыре южные звезды Птолемея. Как видно из табл. 2, все эти звезды использовались до ас-Суфи (и встретятся еще раз в списке бен Хийя XII в.). Напомню, что эти звезды не могут быть нанесены на паук астролябии, т. к. выходят за пределы классического инструмента. Поэтому обсуждаемые списки не могли служить только для астролябий, а имели еще видимо, как и исходный список Птолемея, астрологическое предназначение. Второй значимый факт — наличие двух второстепенных звезд — α Стрельца и ϵ (или δ) в поясе Ориона. В последующих списках звезды из пояса Ориона не используются, а α Стрельца встречается, как и Фомальгаут, лишь однажды в списке 37 (см. табл. 2).

Таким образом, можно говорить о списках ал-Мамуна (24 звезды), ал-Фергани (25), ас-Суфи (30), и, вероятно, ал-Хасиба (30), как о списках, составленных на основе работы Птолемея «Фазы неподвижных звезд». Данный факт до сих пор не был отмечен исследователями.

Видимо, в более поздний период своей деятельности ас-Суфи уже мог отходить от влияния Птолемея. 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 [21].

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. (рукопись Альвардт № 5751, Берлин); — ал-Хараки (ум. 1138/39) — таблицу 81-й звезды на эпоху 1112 г. (рукопись Альвардт № 5669, Берлин) [3, р. 119]; — таблица Омара Хайяма в зидже Малик-шахи содержит 100 звезд на эпоху 1079 г., долготы на $14^{\circ}26'$ больше птолемеевских (рукопись N. В. 5968, Париж) [8, с. 159–173, 186–190]; — таблица ат-Туси в зидже Илхани с 60 звездами на эпоху 1283/84 г., долготы на $16^{\circ}45'$ превосходят значения Птолемея (рукопись М-221/6491, Баку) [8, с. 174–176, 190–192].

№ п / п	Имя звезды	Обозначение	m	Списки звезд											Ac	
				Пт 30	Ан 30	Фг 24	Сф 30	17	21	27	29	37	40	46		
19	Кастор	α Gem	1,58	■	■		■						■	■	■	
20	Шаула	λ Sco	1,63													■
21	Беллатрикс	γ Ori	1,64	■	■								■			
22	Эльнат	β Tau	1,65										■			
23	Альнилам	ε Ori	1,70	■	■	■										
24	Алиот	ε UMa	1,76													■
25	Дубхе	α UMa	1,79												■	■
26	Мирфак	α Per	1,79	■	■	■							■	■	■	
27	Бенетнаш	η UMa	1,86						■	■	■				■	■
28	Менкалинан	β Aur	1,9	■	■								■			
29	Полярная	α UMi	1,97													■
30	Альфард	α Hya	1,99	■	■		■						■	■	■	■
31	Хамаль	α Ari	2,0											■		
32	Денеб Каитос	β Cet	2,04										■	■	■	
33	Мирах	β And	2,06										■	■	■	
34	Альфератц	α And	2,06	■	■								■	■		
35	Расальхаг	α Oph	2,08			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
36	Алголь	β Per	2,12		■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
37	Денебола	β Leo	2,14	■	■		■		■	■	■	■	■	■	■	
38	Гемма	α CrB	2,23	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
39	Шедар	α Cas	2,23												■	■
40	Растабан	γ Dra	2,23												■	■
41	Аламак	γ And	2,26										■			
42	Мицар	ζ UMa	2,27													■
43	Каф	β Cas	2,27			■	■	■	■	■	■					
44	Эниф	ε Peg	2,39										■	■	■	
45	Шеат	β Peg	2,42			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
46	Альдерамин	α Ser	2,44												■	■
47	Маркаб	α Peg	2,49		■											■
48	Менкар	α Cet	2,53												■	■
49	Зосма	δ Leo	2,56		■											■
50	Гиена Гураб	γ Crv	2,59						■	■			■			■
51	Альгиба	γ Leo	2,61										■		■	
52	Зубен Эльшемали	β Lib	2,61	■	■								■		■	
53	Шаратан	β Ari	2,64				■						■			
54	Унукальхайя	α Ser	2,65							■						■
55	Йед Приор	δ Oph	2,74											■	■	
56	Зубен Эльгенуби	α Lib	2,75	■									■		■	

№ п / п	Имя звезды	Обозначение	m	Списки звезд											Ac	
				Пт 30	Ан 30	Фг 24	Сф 30	17	21	27	29	37	40	46		
57	Маркеб	ρ Pup	2,81													■
58	Денеб Альгеди	δ Cap	2,87										■	■		■
59	Альциона	η Tau	2,87													■
60	Заурак	γ Eri	2,95												■	
61	Сегинус	γ Boo	3,03													■
62	Таниа Аустралис	μ UMa	3,05												■	■
63	Рас-Альгете	α Her	3,06													■
64		θ UMa	3,17										■			
65	Скат	δ Aqr	3,27													■
66	Альзирр	ξ Gem	3,53												■	
67	Денеб Каитос Шемали	ι Cet	3,56										■	■		■
68	Батен Каитос	ζ Cet	3,73										■	■	■	■
69	Рукба	α Sgr	3,97	■	■	■	■								■	
70	Аркаб Приор	β Sgr	4,01												■	
71	Денеб Дельфина	ε Del	4,03				■						■	■		■
72	«Звезда-призрак»		—										■	■	■	
				Пт 30	Ан 30	Фг 25	Сф 30	17	21	27	29	37	40	46		

Примечания к таблице: m – яркость звезды в звездных величинах; Пт 30 – список 30 звезд К. Птолемея из работы «Фазы неподвижных звезд»; Ан 30 – список 30 звезд неизвестного автора 379 г. н. э.; Фг 25 – список ал-Фергани; Сф 30 – список ас-Суфи (одна звезда не отождествлена); 17 – из [22, р. 42–43]; 21 – тип I по Куничу, из [23, р. 16], см. также рис. 3; 27 – тип III по Куничу, из [22, р. 44], не отмечена ι UMa; 29 – из [16, р. 194], не отождествлены 2 звезды; 37 – из [16, р. 197–199]; 40 – тип VI по Куничу (таблица Джона Лондонского 1246 г.); 46 – список 46 звезд Иоганна Штёфлера на эпоху 1500 г.; Ac – звезды на решетке астролябии номер МЛ-02723 из Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера, С. -Петербург).

Еще одна таблица X в. (рукопись В. N. ar. 4821, Париж) содержит 21 звезду для астролябий 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°40' от эпохи Птолемея. В некоторых рукописях медиация

ция называлась *latitudo*, а второй величиной была *альтиту́да* [24, р. 245].

Прототипом для этой работы послужил, возможно, более ранний (908 г.) список 19 звезд, составленный в Византии на греческом языке [25, р. 475]. В отличие от упоминавшихся выше списков птолемеевского вида этого же периода, список 19 звезд был приближен к практике изготовления астроблиб и не содержал «лишних» звезд, которые не могли быть нанесены на паук астроблиби. 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».

Lfd. Nr.	nomina stellarum	longitudo	latitudo	pars	mediatio	distan- cia 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	alaioc	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° 40	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	benneos	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

Рис. 3.

Список звезд типа I по классификации П. Кунича [23, р. 16]. Даны эклиптические координаты звезд, а также медиация и склонение. «Звезда-призрак» — под номером 16.

Эта необычная звезда (арабск. *muqaddam al-dhirā'ayn*, лат. *aldiraan* со многими вариациями) в начале X столетия стала появляться и на арабских астроблибах, и в таблицах звезд из Андалусии. 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 [22, р. 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 первой части статьи 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 [26]. По крайней мере, один из этих списков — 37 звезд на эпоху ок. 1066/67 г. (см. табл. 2) — ассоциируется с именем аз-Заркали (1029–1087), описавшим универсальную астроблибу и работавшим в это время в Толедо [16, р. 196–199]. Список аз-Заркали содержал эклиптические координаты; поправка на прецессию 14°7' от долгот Альмагеста была получена на основе теории трипадации Сабита ибн Корры (836–901) [2, с. 159–161].

В более поздних рукописях Толедских таблиц, датированных XIII веком, найдены списки 35 звезд, долготы которых имели поправки 14°55' или 15°7' относительно Альмагеста [27, р. 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. [26, р. 59].

Это был не единственный список аз-Заркали. В арабской рукописи из Стамбула (Ауа Софья 2671) 1224 г. содержится его трактат из 80 глав об универсальной астроблиби. 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 первые 21 звезда в таблице аз-Заркали из этой рукописи идентичны 21 звезде из списка Масламы ал-Маджрити 978 г. с его долготой, отличающейся от Альмагеста на 12°40', остальные 8 звезд добавлены из другого списка [16, р. 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, т. к. в 1140 г. после начала гонений на евреев он покинул Испанию [28, р. 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 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 [28, р. 199].

Интересно отметить, что долготы последнего списка (1392 г.) увеличились ровно на 1 градус по сравнению со списком бен Гершомо (1325 г.). С такой ситуацией мы уже встречались в Толедских таблицах (список XII в.). Можно подумать, что в этих случаях астрономы подбирали подходящую эпоху для облегчения своей работы.

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 помощью армиллярной сферы [29, р. 51; 3, р. 120] (см. табл. 2). 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 астролябии, написанный, как считалось, арабским астрономом и астрологом Машаллахом (740–815) [30, р. 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 астролябиях. 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 [30, р. 40; 3, р. 120].

ABVLA STELLARUM FIXARUM
 rum continens earū lōgitudinem fm coeli mediationem de-
 clinationes, partes & magnitudines earundem.

Nomina stellarum fixarum		Signa Zodiac.	Clm. mediatioe			Declinatio. S.	Magnitudo.	
Latina.	Arabica.		6	30	6			
Stella polaris.	Alru'aba.	V	115	85	51	6	3	
Pectus Cassiopeie.	Scheder.	V	3	0	53	45	6	3
Umbilicus Andromede.	Mreath.	V	10	43	34	13	6	3
Venter Ceti.	Bata Fayros.	V	23	2	12	39	6	3
Cauda Ceti.	Deneb Fayros.	V	4	31	20	26	6	3
Dextrum latus Persei.	Algemb.	8	14	5	47	42	6	2
Caput Algol.	Ras algol.	8	11	20	39	32	6	2
Pleiades.	Achoray.	8	20	33	22	36	6	5
Uaris Ceti	Menfar.	8	11	23	2	18	6	3
Bircus.	Alhator.	II	11	21	44	56	6	1
Oculus Tauri.	Aldebaran.	II	3	18	15	55	6	1
Dexter humerus Orionis.	Bed algeuze.	II	22	37	6	16	6	1
Sinister pes Orionis.	Rigel Algeuze.	II	13	48	9	14	6	1
Caput Gemini antecedentis.	Ras algeuze.	9	14	6	32	28	6	2
Caput Gemini sequentis.		9	16	49	28	43	6	2
Canis maior.	Alhabor.	9	5	33	15	49	6	1
Canis minor.	Algemeifa.	9	16	43	6	9	6	1
Cor Leonis et dicitur rex.	Ras deced.	8	22	11	14	19	6	1

Рис. 4.

Фрагмент звездной таблицы из книги Иоганна Штёфлера «Elucidatio fabricae ususque astrolabii» (Руководство об изготовлении и использовании астролябии) 1524 г. издания.

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 астролябии 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 году книгу «*Elucidatio fabricae ususque astrolabii*» (Руководство об изготовлении и использовании астролябии) Иоганна Штёфлера (1452–1531), которая до 1620 года выдержала 16 изданий, а в 2007 г. была переведена на английский язык [31]. В этой книге Штёфлер привел таблицу 46 звезд, указав их долготы на эпоху 1500 г. (долготы в разных изданиях отличаются от птолемеевских на $+20^{\circ}55'$ либо на $+19^{\circ}38'$), а также дал практические координаты – медиацию и склонение. Известно, что при составлении списка он 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 [22, р. 45].

Таблица 3. Основные таблицы и списки звезд, связанные прямо или косвенно с астролябиями

Средневековый мусульманский Восток	Средневековая Европа, включая арабскую часть Испанию
Птолемей, 30 звезд, 137 г. н. э.	
Зидж ал-Мамуна (<i>Tabulae Probatae</i>), 24 звезды, 829/30 г.	
ал-Фергани, 25 звезд, 856/57 г.	
Хабаш ал-Хасиб, 30 звезд, конец IX в.	
Византийский список 19 звезд, 908 г.	
ас-Суфи, 30 звезд, 920-е гг.	
Кушийар ибн Лаббан, 48 звезд, 932 г.	Маслама ал-Маджрити, 21 звезда, 978 г. (Пт + $12^{\circ}40'$)
ас-Суфи, 44 звезды, 964 г. (Пт + $12^{\circ}42'$)	Список 27 звезд, конец X в., Испания
Омар Хайям, 100 звезд, 1079 г. (Пт + $14^{\circ}26'$)	аз-Заркали, 29 звезд, 978 г. (Пт + $12^{\circ}40'$) Толедские таблицы, 37 звезд, 1066/67 г. (Пт + $14^{\circ}7'$)

Средневековый мусульманский Восток	Средневековая Европа, включая арабскую часть Испанию
ал-Хараки, 81 звезда, 1112 г. ал-Хараки, 84 звезда, 1132 г. (Пт + $14^{\circ}57'$) [19, р. 322]	Авраам бен Хийя, 28 звезд, 1104 г. (Пт + $14^{\circ}30'$)
Зидж ал-Хазини, 43 звезды, 1115 г. (Пт + 15°)	Авраам ибн Эзра, 36 звезд, 1146 г. (Пт + $15^{\circ}8'$)
ат-Туси, зидж Ильхани, 16 звезд, 1233 г. (Пт + $16^{\circ}24'$) [19, р. 322]	
Таблица 76 звезд, 1277 г. (Пт + $17^{\circ}26'$)	Джон Лондонский, 40 звезд, 1246 г.
ат-Туси, 60 звезд, 1283/84 г. (Пт + $16^{\circ}45'$)	
Зидж Ибн Махфуза, 72 звезды, 1284 г. (Пт + $17^{\circ}31'$)	псевдо-Машаллах, 49 звезд, XIII в.
Список 20 звезд, 1299 г., (Пт + $17^{\circ}40'$)	
зидж аль-Ашрафи, 100 звезд, 1304 г. (Пт + $17^{\circ}50'$)	Леви бен Гершом, 24 звезды, 1325 г. (Пт + $17^{\circ}50'$)
Ал-Самарканди, 48 звезд, 1363 г. (Пт + $17^{\circ}48' / 18^{\circ}36'$) [19, р. 323]	Список 24 звезд 1382 г. на иврите (Пт + $18^{\circ}50'$)
Зидж ар-Риши, 50 звезд, 1407 г. (Пт + $19^{\circ}13'$)	Жан Фузорий, 1407–1412 гг.
	Штёфлер, 46 звезд, 1500 г. (Пт + $20^{\circ}55' / +19^{\circ}38'$)

Используемое сокращение: Пт – значение долготы из каталога Птолемея.

Как уже отмечалось, важную работу по систематизации многочисленных звездных списков провел П. Кунич в 1966 г. [23]. Чем полезна такая систематизация? В тех ситуациях, когда неизвестен автор инструмента и время его изготовления, отождествление паука астролябии с определенным списком позволяет, по крайней мере, сделать предположения об эпохе изготовления. Хотя, как говорит сам автор этой систематизации «для идентификации звезд на астролябии недостаточно найти соответствующий список звезд, нужно обязательно включить в изучение названия звезд» [22, р. 45].

Практическое применение для анализа неизученного инструмента

При анализе неизученной астролябии современный исследователь, прежде всего, должен установить дату ее изготовления (если она явно не указана в гравировке на инструменте) и

провести локализацию, т. е. установить школу мастеров или имя мастера, изготовившего ее. Уже внешний вид астролябии подсказывает какое происхождение имеет инструмент — восточное или западное, а также примерный период изготовления. Знание звездных таблиц может стать хорошим подспорьем в более детальном исследовании. Принципы такого подхода изложены в статье Элли Деккер [32].

Прежде всего, нужно найти список звезд, который мастер использовал при изготовлении данной астролябии. Список обычно содержал координаты — медиацию и склонение, а также короткие названия звезд для гравировки на решетке. Поиск такого списка является непростой задачей, как это можно понять из содержания данной статьи (а это далеко не полное изложение материала).

Второй шаг — это сравнение источника данных (таблицы или списка) с данными конкретного инструмента — измеренными координатами звезд (вершин указателей). При наличии доступа к инструменту, эти координаты можно получить путем измерения радиуса каждого указателя (от центра инструмента) и соответствующего отсчета медиации.

Для того, чтобы считать значение медиации, необходимо вращать паук, пока указатель звезды не будет совмещен с вертикальной линией (она проведена на тимпане, лежащем под пауком). Это вертикальная ось инструмента. Оцифрованный круг эклиптики также пересекается с этой линией, здесь и берется значение медиации. На астролябиях, которые снабжены линейкой поверх паука, сделать это еще проще. Линейка совмещается с вершиной указателя звезды и на пересечении линейки с эклипкой берется отсчет.

Зная радиус указателя r и медиацию m звезды, по формулам 1–2 можно получить склонение δ и прямое восхождение α . Впрочем, вычисление α может не понадобиться, поскольку в таблице звезд эта координата редко присутствовала.

Для сравнения измеренных координат с каталогами птолемея потребуются вычислить эклиптическую долготу λ и широту β каждой звезды [33, с. 41]:

$$\operatorname{tg} \lambda = (\sin \alpha \cos \varepsilon + \operatorname{tg} \delta \sin \varepsilon) / \cos \alpha, \quad (3)$$

$$\sin \beta = \sin \delta \cos \varepsilon - \cos \delta \sin \varepsilon \sin \alpha. \quad (4)$$

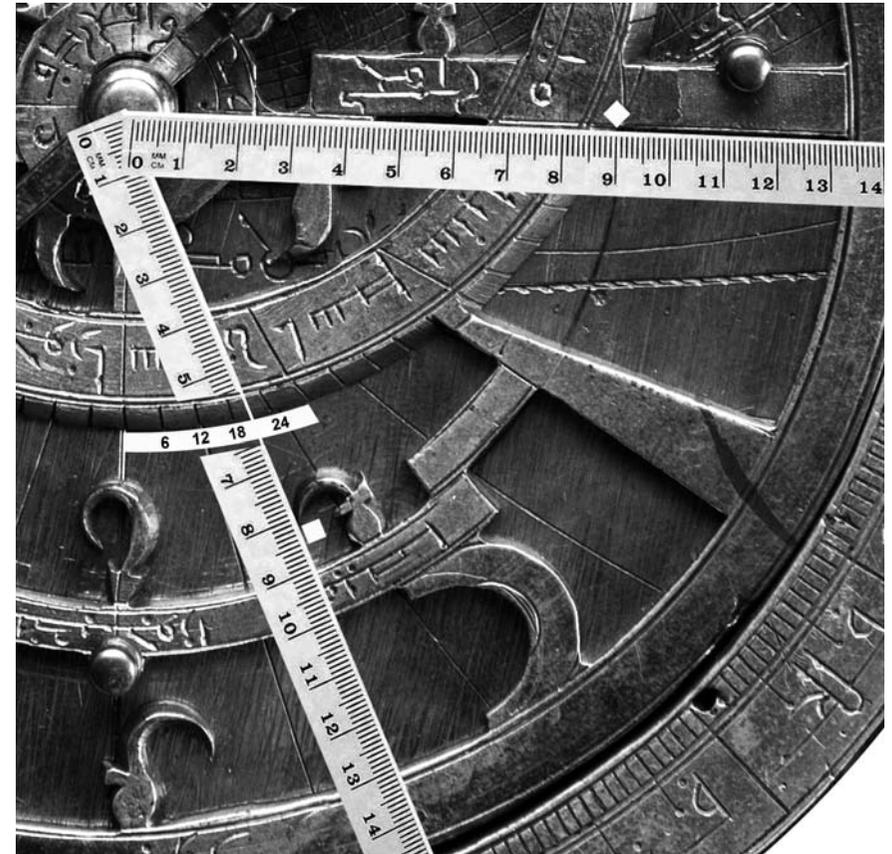


Рис. 5.

Пример измерения координат звезды Прочион (α CMi) на астролябии МЛ-02723 из собрания Музея им. М. В. Ломоносова. Радиус экватора $r_e = 90$ измерен из центра до точки осеннего равноденствия (0° Весов), радиус указателя звезды $r = 81$. Вычисления по формуле (1) дают $\delta = 6^\circ$. Медиация отсчитывается непосредственно по шкале эклиптики (знак Рака выделен белой дугой с подписанными делениями) $m = 21^\circ$ Рака (111°). Сравним с фрагментом таблицы Иоганна Штёфлера (рис. 4, вторая строка снизу), где для этой звезды (*Algomeiza*) даны значения $m = 16^\circ 43'$ Рака и $\delta = 6^\circ 9'$.

Дальнейшие вычисления по формулам (3) и (4) дадут значения долготы $\lambda = 113,5^\circ$ и широты $\beta = -15,7^\circ$. Сравним эти значения со значениями на рис. 3 (строка № 5): $\lambda = 102^\circ 0'$ и $\beta = -16^\circ 10'$. Таблицы на рис. 3 и 4 никак не связаны с данной астролябией, мы ссылаемся на них только в качестве примера. Большие расхождения в значениях медиации и долготы могут быть вызваны разностью эпох.

Полученные координаты звезд содержат неминуемые механические ошибки, возникшие (1) при изготовлении указателя звезды мастером, (2) в процессе эксплуатации инструмента, и (3) при измерении этого указателя исследователем. Тем не менее, можно оценить их соответствие координатам звезды в исходном списке. Если такое соответствие обнаружено, можно говорить о том, что источник информации для данной астролябии найден.

Как только удастся идентифицировать звездную таблицу, использованную мастером, можно узнать крайние пределы для даты изготовления инструмента. А по отклонению координат звезд на астролябии можно оценить, насколько аккуратно следовал мастер исходному материалу. В этом отношении отклонения от таблицы могут быть даже более интересным фактом, чем согласие с ней. Таким путем можно обнаружить своего рода «почерк» мастера. Примером может служить звезда β Овна на астролябиях Жана Фузория, мастер приписывал ей (то ли ошибочно, то ли намеренно) отрицательное склонение, так что на пауке астролябии она размещалась совсем не там, где должна быть.

Если мастер знал об изменении координат звезд из-за прецессии, он мог пересчитать координаты звездной таблицы на дату изготовления астролябии. В этом идеальном случае координаты звезд астролябии будут более или менее точно соответствовать истинным их положениям. Чаще всего мастер не способен был на это и просто использовал координаты из имеющейся в его распоряжении таблицы. В некоторых случаях эпоха таблицы могла отстоять от эпохи изготовления инструмента на одно, два или более столетий. Это является причиной того, что нельзя датировать астролябию только по положению звезд на решетке.

При датировке астролябии нужно учесть надписи на инструменте, выгравированные иногда не на одном, а на двух и более языках. Названия звезд могут также нести информацию об эпохе изготовления, поскольку подвергались трансформации на протяжении веков и локальным искажениям в зависимости от места изготовления. Но эти вопросы лежат уже за пределами данной статьи.

В качестве примера рассмотрим астролябию из собрания Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера, С.-Петербург), номер МЛ-02723. Ее фрагмент при-

веден на рис. 5. Изготовлена она предположительно в Марокко в XVII в., имеет диаметр 115 мм. По рисунку решетки, по крючкообразному стилю указателей звезд, по количеству звезд астролябия очень напоминает следующие инструменты 20–30-х гг. XVIII в. мастера Мухаммада ибн Ахмада ибн Баттути из Марокко:

- а) А-76 и А-87 Адлер Планетарий (1720/21 и 1723/24 гг.) [34, р. 20–25, 26–29];
- б) AST0532 Гринвич (1738/39) [35, р. 296–302];
- в) № 51459 и № 52713 Оксфорд (1733/34 и 1728/29) [36].

В то же время качество отделки заметно отличается от отделки перечисленных инструментов, форма указателей не такая изящная, перемычки и подставки для указателей — с грубыми прямыми углами. Отличаются и применяемые шрифты.

На решетке астролябии МЛ-02723 нанесена 21 звезда, тогда как на перечисленных выше аналогах — 25 или 26 звезд. Конечно, можно было бы объяснить этот факт меньшим диаметром нашей астролябии и, соответственно, меньшим пространством для размещения указателей звезд. Однако, настораживает отсутствие таких ярких звезд, как Регул (α Льва) и Спика (α Девы) — это беспрецедентно! Необходимо отметить и то, что указатели далеко отклоняются от истинного положения звезд (не будем здесь подробно останавливаться на этом). Все эти факты позволяют предположить, что астролябия МЛ-02723 является более поздней копией с одного из инструментов мастера. Соответственно, она изготовлена не в XVII в., как считается до сих пор, а не ранее середины XVIII в.

Поиск исходного списка звезд лучше вести по звездам оригинальных инструментов. В колонке «Ас» таблицы 2 приведены звезды астролябии МЛ-02723 и добавлены 4 «недостающих» звезды, которые имеются на оригинальных инструментах (заштрихованы более светлым тоном). Сравнение с колонкой 27 показывает практически полное соответствие. Это канонический список, имеющий происхождение из мусульманской Испании конца X века (тип III по Куничу) [22, р. 44]. Конечно, такое соответствие не может говорить о древности инструмента, только лишь о сохранении традиции на протяжении как минимум семи веков.

Изложенные в данной статье сведения затрагивают объемный пласт информации о неподвижных звездах и охватывают период продолжительностью полторы тысячи лет — со II по

XVI в. Рассматривался только количественный состав звездных таблиц и списков — это лишь первый слой информации. Отдельного изучения заслуживают названия звезд, подвергавшиеся непрерывной трансформации на протяжении всего этого периода, можно назвать это вторым слоем. При изучении астролябий немаловажную роль играют и другие элементы — географические таблицы с информацией о городах средневековья, тимпаны, рассчитанные для различных широт и «климатов», особенности тригонометрических шкал и, конечно, шрифтовое оформление инструмента. Для надежного отождествления упоминаемой в статье астролябии МЛ-02723, так же как и других малоизученных астролябий, хранящихся в российских музеях, необходимо принимать во внимание все эти факторы.

Список литературы

1. *Птолемей Клавдий*. Альмагест: Математическое сочинение в тринадцати книгах. Пер. с древнегреч. И. Н. Веселовского. Науч. ред. Г. Е. Куртик. — М.: Наука, 1998. — 672 с.
2. *Куртик Г. Е.* Теория прецессии в античной и средневековой науке / Диссертация на соискание ученой степени кандидата ф. -м. наук. — М., 1984. — 214 с.
3. *Kunitzsch P.* Star catalogues and star tables in mediaeval oriental and European astronomy // *Indian Journal of History of Science*, 21 (2), 1986, p. 113–122. — Перепеч. в кн.: *The Arabs and the Stars: Texts and Traditions on the Fixed Stars, and their Influence in Medieval Europe*. 1989. I.
4. *Kennedy E. S.* A survey of the Islamic astronomical tables. — *Trans. Amer. Philos. Soc.*, V. 17, pt. 2, 1956, pp. 123–177.
5. *Kunitzsch P.* Astronomer Abu 'l-Hussayn al-Sūfi and his Book on the Constellations // *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*. Vol. 3, 1986, p. 56–81. — Перепеч. в кн.: *The Arabs and the Stars: Texts and Traditions on the Fixed Stars, and their Influence in Medieval Europe*. 1989. XI.
6. *Матвиевская Г. П., Розенфельд Б. А.* Математики и астрономы мусульманского средневековья и их труды (VIII–XVII вв.). Книга 2. Математики и астрономы, время жизни которых известно. — М.: Наука, 1983.
7. *Kunitzsch P.* Ibn as-Salāh: Zur Krutik der Koordinaten-überlieferung in Sternkatalog des Almagest. — Göttingen: Van den Hoeck & Ruprecht,

1975. (Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Philologisch-Historische Klasse, № 3, 94). — 160 pp.
8. Звездный каталог ал-Бируни с приложением каталогов Хайяма и ат-Туси / Пер. Б. А. Розенфельда, С. А. Красновой и М. М. Рожанской, примеч. Б. А. Розенфельда. // ИАИ. 1962. Вып. VIII. С. 83–192.
9. *Матвиевская Г. П., Соколовская З. К.* Улугбек. 1394–1449. Отв. ред. М. М. Рожанская. — М.: Наука, 1997. — 153 с.
10. *Kunitzsch P.* The star catalogue commonly appended to the Alfonsine tables // *Journal for the History of Astronomy*. 1986. Vol. 17. P. 89–98. — Перепеч. в кн.: *The Arabs and the Stars: Texts and Traditions on the Fixed Stars, and their Influence in Medieval Europe*. 1989. XXII.
11. *Verbunt Frank, van Gent Robert H.* Three editions of the Star Catalogue of Tycho Brahe. Machine-readable versions and comparison with the modern Hipparcos Catalogue // препринты в архиве ArXiv.org:astro-ph <http://arxiv.org/abs/1003.3836>
12. *Morrison James E.* The Astrolabe. Janus, 2007. — 437 pp.
13. *Kunitzsch P.* The Stars on the Rete of the So-called “Carolingian Astrolabe” // *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet, Barcelona, 1996 (Annuaire de Filologia, Universitat de Barcelona, XIX, 1996, B-2)*, vol. II. Pp. 655–672. — Перепеч. в кн.: *Stars and Numbers: Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western Worlds*. 2004. XVIII.
14. *Розенфельд Б. А., Сергеева Н. Д.* Ахмад ал-Фергани. IX век. Отв. редактор М. М. Рожанская. — М.: Наука, 1998. — 86 с.
15. *Ptolemy Claudius.* The Phases of the Fixed Stars. Translated by Robert Schmidt, edited by Robert Hand. Project Hindsight. Greek Track. Vol. III. The Golden Hind Press. 1993. 78 p. (<http://ru.scribd.com/doc/44774847/The-Phases-of-the-Fixed-Stars-Claudius-Ptolomey>)
16. *Kunitzsch P.* Two Star Tables from Muslim Spain // *Journal for the History of Astronomy*. V. 11. Chalfont St Giles, 1980, pp. 192–201. Перепеч. в кн.: *The Arabs and the stars: Texts and Traditions on the Fixed Stars, and their Influence in Medieval Europe*. 1989. IV.
17. *Anonymous of 379.* The Treatise on the Bright Fixed Stars. Translated by Robert Schmidt, edited by Robert Hand. Project Hindsight. Greek Track. Vol. II-A. The Golden Hind Press. 1993. 39 p. (<http://ru.scribd.com/doc/44780177/The-Treatise-on-the-Bright-Fixed-Stars-Anonymous-of-379>)
18. *Куртик Г. Е.* Теория восхождения и нисхождения Сабита ибн Кори // ИАИ. 1986. Вып. XVIII. С. 111–150.

19. *Destombes M.* Note sur le catalogue d'Etoiles du calife al-Mamoun // Actes du VIII Congrès International d'Histoire des Sciences, Floren-ces. 1956. P. 309–312.
20. *Vernet J.* Las Tabulae Probatae. Homenaje a Millas-Vallicrosa, Vol. II. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, 1956, p. 510–522.
21. *Kunitzsch P.* Al-Sūfī and the Astrolabe Stars // Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften. Vol. 6. Frankfurt am Main, 1990, p. 151–166. – Перепеч. в кн.: Stars and Numbers: Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western Worlds. 2004. XIII.
22. *Kunitzsch P.* The Stars on the Astrolabe // Astrolabes at Greenwich. A Catalogue of the Astrolabes in the National Maritime Museum. Greenwich: Koenraad van Cleempoel. 2005, p. 41–46.
23. *Kunitzsch P.* Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts. Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1966. 139 p.
24. *Kunitzsch P.* The Chapter on the Stars in an Early European Treatise on the Use of the Astrolabe (ca. AD 1000) // Suhail, Vol. 1, Barcelona, 2000, p. 243–250. – Перепеч. в кн.: Stars and Numbers: Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western Worlds. 2004. XX.
25. *Pingree D.* A Greek List of Astrolabe Stars // Sic Itur Ad Astra: Studien Zur Geschichte Der Mathematik und Naturwissenschaften. Festschrift für den Arabisten Paul Kunitzsch zum 70. Geburtstag. Herausgegeben von Menso Folkerts und Richard Lorch. Harrasowitz Verlag. Wiesbaden, 2000. P. 473–477.
26. *Pedersen Fritz S.* A Latin star-list for Toledo // Cahiers de l'Institut du Moyen-Age grec et latin. 1994. V. 64. P. 59–62.
27. *Toomer, G. J.* Survey of the Toledan Tables. // *Osiris*. 1968. V. 15. P. 1–174.
28. *Goldstein Bernard R.* Star Lists in Hebrew // *Centaurus*, 1985, vol. 28, pp. 185–208.
29. *Kunitzsch P.* John of London and his unknown Arabic source // *Journal for the History of Astronomy*. 1986. V. 17. P. 51–57. – Перепеч. в кн.: Stars and Numbers: Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western Worlds. 2004. XXI.
30. *Kunitzsch P.* On the Authenticity of the Treatise on the Composition and Use of the Astrolabe ascribed to Messahalla // *Archives internationales d'Histoire des Sciences*. 1981. Vol. 31, No. 106. P. 42–62. – Перепеч. в кн.: Stars and Numbers: Astronomy and Mathematics in the Medieval Arab and Western Worlds. 2004. X.

31. *Stoeffler, Johannes.* Stoeffler's Elucidatio – The Construction and Use of the Astrolabe. English transl. by A. Gunella and J. Lamprey. – Classical Science Press, 2007. – 249 p.
32. *Dekker Elly.* Exploring the Retes of Astrolabes // *Astrolabes at Greenwich. A catalogue of the Astrolabes in the National Maritime Museum, Greenwich: Koenraad van Cleempoel*. 2005. P. 47–71.
33. *Меёс Ж.* Астрономические формулы для калькуляторов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 168 с.
34. *Pingree D.* Eastern Astrolabes. Adler Planetarium & Astronomy Museum. 2009. 268 p.
35. *Koenraad van Cleempoel.* Astrolabes at Greenwich. A Catalogue of the Astrolabes in the National Maritime Museum, Greenwich. 2005. – 339 p.
36. Экспозиция астролябий на сайте Музея истории науки (Museum of the History of Science), Оксфорд, Великобритания: <http://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe>