

С. Ю. Масликов
Новосибирск

НАУЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ЭПОХИ ПОЗДНЕЙ АНТИЧНОСТИ В КОЛЛЕКЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭРМИТАЖА*

Единственное упоминание о подобных научных инструментах на русском языке встречается в переводной книге 1934 года¹, написанной немецким историком Германом Дильсом (1848–1922). И в этом нет ничего удивительного, поскольку речь идет о чрезвычайно редких инструментах, которые в книге Дильса называются дорожными висячими часами, а в работах современных западных исследователей – *Roman Portable Sundials*. Несколько сохранившихся экземпляров таких часов датируются II–VI веками н. э. В то же время римский архитектор и ученый-энциклопедист Витрувий, живший в I веке до н. э., уже упоминает о их существовании², а изобретение таких часов *προς παν ἄλμια* (то есть «для всех широт») приписывается греческому математику Феодосию, жившему то ли в конце II, то ли в начале I века до н. э.

Дорожные висячие часы представляют собой диск диаметром около 10 см, обычно изготовленный из медного сплава, его можно подвешивать в вертикальном положении с помощью кронштейна. Обе стороны диска насыщены аккуратно прорисованными шкалами, календарной и географической информацией. За последние шесть десятилетий об этих инструментах за рубежом вышло совсем небольшое число работ, не более десятка, из-за чего каждая из них имеет важное значение. Возможно, впервые принцип использования такого устройства описал Ф. Стеббинс в 1958 году³. Наибольший вклад в исследование этих инструментов сделали английские историки науки Дж. Филд и Майкл Райт⁴. А совсем недавно, в 2017 году, доступную информацию об этих редких устройствах систематизировал в своей книге Ричард Талберт⁵. Он перечислил 16 инструментов подобного вида, пять из которых обозначены им как утерянные.

Наиболее интересные образцы хранятся в Музее истории науки (Museum of History of Science) в Оксфорде, Научном музее (Science Museum) и Британском музее (British Museum) в Лондоне, в итальянском Национальном музее (Museo Nazionale) в Риме, в Археологическом музее на острове Самос (Vathy Archaeological Museum). К счастью, Талберт ошибся в отношении третьего инструмента в своем списке – диска из Мемфиса. Этот диск не утерян, а хранится в Государственном Эрмитаже, и мы имеем возможность познакомиться с ним.

* Автор выражает глубокую признательность ведущему научному сотруднику Отдела Востока Государственного Эрмитажа Вере Николаевне Залесской, благодаря которой произошла встреча автора с уникальным инструментом, заведующему Лабораторией научной реставрации часов и музыкальных механизмов Михаилу Петровичу Гурьеву, вдохнувшему жизнь в древний инструмент, а также Сергею Владимировичу Хаврину, осуществившему анализ химического состава инструмента. Отдельное спасибо хранителю фондов научных приборов и инструментов Отдела истории русской культуры Григорию Борисовичу Ястребинскому и сотрудникам Отдела Востока, оказавшим неоцененную помощь в подготовке данной статьи.

Диск из Мемфиса

Латунный диск диаметром 133,6 ($\pm 0,1$) мм и толщиной 1,8–1,9 мм, снабженный кронштейном для его подвешивания и гномоном, установленным на оси, хранится в Отделе Востока Государственного Эрмитажа. Инвентарный номер $\omega 1531$. Общая высота инструмента вместе с кронштейном составляет 150 мм. Диск имеет почти такой же размер, как тот, что хранится в Музее науки в Лондоне (диаметр 135 мм)⁶. Все другие подобные инструменты имеют меньший размер. При этом такая важная деталь, как подвижный гномон, сохранилась только у нашего инструмента и у диска из Музея истории науки в Оксфорде, название которого Дж. Филд дополнил до *Sundial-Calendar*⁷.

Эрмитажный инструмент прибыл из Египта. Его приобрел в Каире немецкий исследователь Библии и специалист по древним языкам Константин Тишендорф (1815–1874). Он утверждал, что диск найден в некрополе древнего города Мемфис. В Египте Тишендорф был несколько раз. В 1859 году во время своей третьей поездки он получил доступ к редким рукописям. Монахи из православного монастыря Святой Екатерины, находящегося на Синае, согласились передать рукописи российскому императору Александру II. Вскоре Тишендорф привез рукописи и артефакты, включая диск, в Санкт-Петербург. А в 1869 году за свои заслуги ученый был пожалован в российское потомственное дворянство с присвоением фамильной приставки «фон». Тишендорф кратко описал диск и даже сделал его зарисовку, к сожалению, неточную, однако никаких идей о назначении этого диска, названного им астролябией, у него не было. В описании не был приведен и размер диска⁸.

Все надписи на диске из Эрмитажа выполнены на греческом языке. На некоторых аналогичных инструментах встречаются также латинские надписи. Только через сто лет после Тишендорфа наш диск вновь упоминается известным историком науки Дерекотом де Солла Прайсом (1922–1983). Он пишет: «Недавний запрос к профессору В. Ченакалу в Музей Ломоносова в Ленинграде принес подтверждение, что гномон этого диска находится в хранилище Восточного отдела Музея Эрмитаж в Ленинграде. Вероятно, и сам диск находится там же»⁹.

Как было сказано, исходная зарисовка Тишендорфа оказалась неточной. В 1971 году немецкий исследователь Эдмунд Бухнер (1923–2011) попробовал восстановить внешний вид инструмента¹⁰. Его реконструкция оказалась очень близкой к действительности. На лицевой стороне диска (ил. 1, а) мы видим четыре календарные шкалы, две часовые шкалы, градусную шкалу на лимбе. Ниже мы детально опишем их, а пока обратимся к более простой по строению, но не менее важной оборотной стороне инструмента.

Географический справочник

На оборотной стороне диска из Мемфиса (ил. 1, б), как и на некоторых других аналогичных дисках, находится таблица городов и регионов эпохи поздней античности. Названия городов написаны радиально от центра диска, вблизи края диска размещены соответствующие значения широт. Числовые величины записаны буквами греческого алфавита (используются в том числе реликтовые буквы *стигма* – 6, *копта* – 90 и *сампи* – 900). Числа от 1 до 9, целые десятки и сотни обозначаются одной буквой (см. табл. 1), а промежуточные значения – комбинацией двух и более букв. Похожая буквенно-цифровая система применялась в латинском, арабском, русском и других языках.



Ил. 1. Диск из Мемфиса. Позднеримское время. Латунь.
Государственный Эрмитаж.
а – лицевая сторона; б – оборотная сторона

Таблица 1

Система записи чисел буквами греческого алфавита

Единицы	Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ϛ	Ζ	Η	Θ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Десятки	Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	ξ	Ο	Π	Ϙ
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Сотни	Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω	Ϛ
	100	200	300	400	500	600	700	800	900

Широты некоторых городов на нашем диске имеют дробные значения. Доли градусов обозначены вспомогательными значками, похожими на знак «меньше» < и знак Го, обозначающими соответственно $\frac{1}{2}$ и $\frac{2}{3}$ градуса. Как ни странно, значение $\frac{1}{3}$ в таблице не встречается.

Названия городов и их широты, приведенные в таблице 2, почти полностью совпадают со значениями К. Тишендорфа. У него пропущена буква Є в названии ΑΝΤΙΟΧΕΙΑ и отсутствовали названия 12, 13 и 14, закрытые кронштейном, который со времен Тишендорфа из-за коррозии оставался неподвижным. В 2018 году в ходе реставрации инструмента в Лаборатории научной реставрации часов и музыкальных механизмов Эрмитажа удалось прочитать три недостающие надписи. В таблице для сравнения приведены, где это возможно, широты Птолемея, как наиболее возможного источника географических сведений того времени¹¹, и современные значения широт. Для протяженных регионов и островов даны крайние (северное и южное) значения широт, округленные до целых градусов.

Таблица 2

Географический справочник

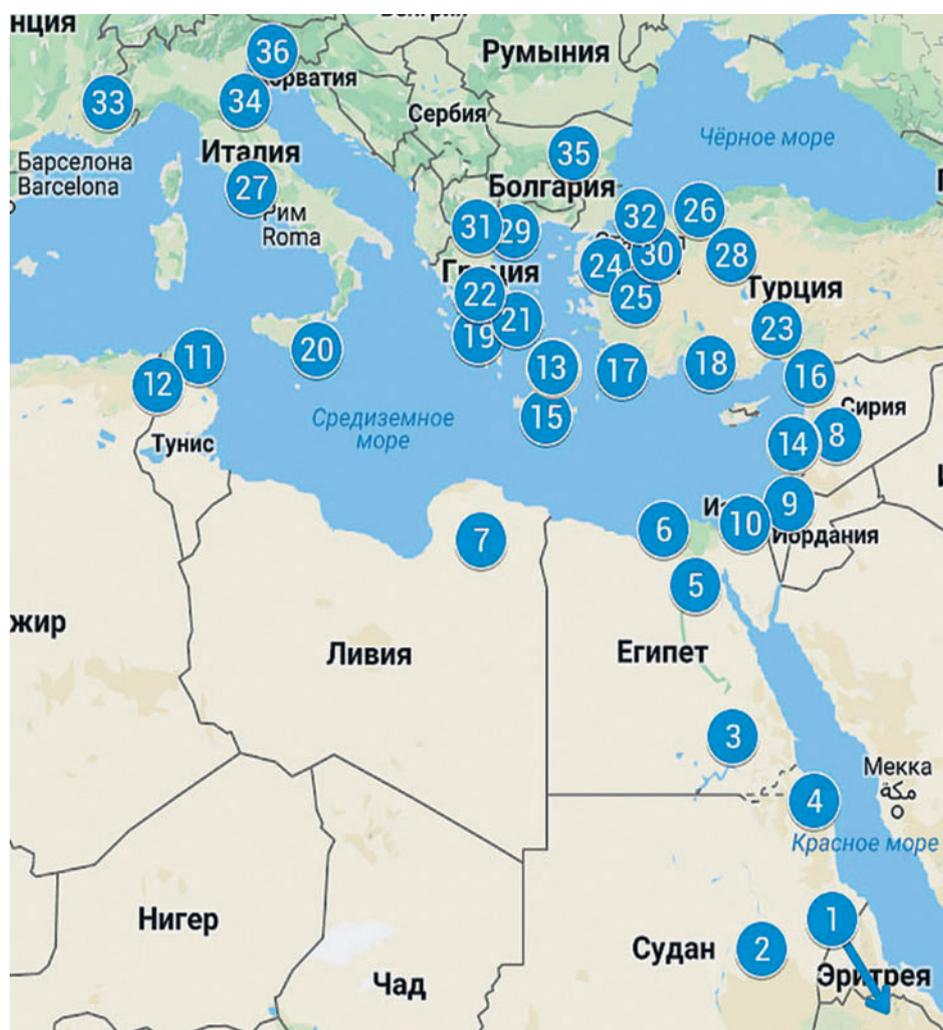
	Греческая надпись	Название	Широта	По Птолемею	Современное значение	Примечание
1	ΙΝΔΙΑ	Индия	8°	11°		?
2	ΜΕΡΟΗ	Мероэ	16 ½°	16°25'	17°00'	Др. город в Судане
3	ΣΟΗΝΗ	Сена	23 ½°	23°50'	24°00'	Ныне Асуан
4	ΒΕΡΟΝΙΚΗ	Беренис	23 ½°	23°50'	24°00'	Др. портовый город на Красном море
5	ΜΕΜΦΙΣ	Мемфис	30°	29°50'	29°50'	Египет
6	ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΑ	Александрия	31°	31°	31°10'	Египет
7	ΠΕΝΤΑΠΟΛΙΣ	Пентаполис	31°	31–32°	32–33°	Союз пяти городов в Сев. Африке, ныне Ливия
8	ΒΟΥΤΡΑ	Бостра	31 ½°	31°30'	32°30'	Др. город в Сирии
9	ΝΕΑΠΟΛΙΣ	Неаполис	31 ⅔°	31°50'	31°30'	Ныне Наблус, Палестина
10	ΚΕΣΑΡΙΑ	Кесария	32°	32°30'	32°30'	Др. город в Палестине
11	ΚΑΡΧΗΔΩΝ	Карфаген	32 ⅓°	32°40'	36°50'	Сев. Африка
12	ΣΑΛΔΑΙ	Сальды	32 ½°	–	36°45'	Ныне Беджая, Алжир
13	ΤΥΡΟΣ	Тира (Санторин)	33 ⅓°	–	36°25'	Остров в Эгейском море
14	ΒΗΡΥΤΟΣ	Бейрут	33 ⅓°	33°40'	33°53'	Столица Ливана
15	ΓΟΡΤΥΝΑ	Гортина	34 ½°	34°50'	35°00'	Остров Крит
16	ΑΝΤΙΟΧΕΙΑ	Антиохия	35 ½°	35°30'	36°10'	Др. Сирия, ныне Турция
17	ΡΟΔΟΣ	Родос	36°	36°	36°25'	Остров в Эгейском море
18	ΠΑΜΦΥΛΙΑ	Памфилия	36°	36–38°	37–38°	Регион на юге Малой Азии
19	ΑΡΓΟΣ	Аргос	36 ½°	36°15'	37°40'	Греция
20	ΣΟΡΑΚΟΥΣΑ	Сиракузы	37°	37°[15]'	37°10'	Остров Сицилия

Продолжение табл. 2

21	ΑΘΗΝΑΙ	Афины	37°	37°15'	38°00'	Греция
22	ΔΕΛΦΟΙ	Дельфы	37 $\frac{2}{3}$ °	37°40'	38°30'	Греция
23	ΤΑΡΣΟΣ	Тарсус	38°	36°50'	36°50'	Др. город в Малой Азии
24	ΑΔΡΙΑΝΟΥΠΟΛΙΣ	Адрианополис	39°	–	39°10'	Др. Стратоникея в округе Киркагач, Турция
25	ΑΣΙΑ	Азия	40°	35–41°	36–40°	Регион в Малой Азии
26	ΗΡΑΚΛΕΙΑ	Гераклея [Понтийская] ¹²	41 $\frac{2}{3}$ °	42°20'	41°00'	Др. город на побережье Черного моря
27	ΡΩΜΗ	Рим	41 $\frac{2}{3}$ °	41°40'	41°50'	Италия
28	ΑΓΚΥΡΑ	Анкара	42°	42°	39°50'	Ныне столица Турции
29	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	Салоники	43°	40°20'	40°40'	Северная Греция
30	ΑΠΑΜΙΑ	Апамея [Вифинская]	39°	42°	40°20'	На берегу Мраморного моря
31	ΕΔΕΣΑ	Эдеса	43°	40°20'	40°45'	Др. город в совр. Турции
32	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΙ	Константинополь	43°	43°05'	41°00'	Современный Стамбул
33	ΓΑΛΛΙΑΙ	Галлия	44°	42–53°	43–51°	Ист. часть Европы
34	ΑΡΑΒΕΝΝΑ	Равенна	44°	44°	44°25'	Северная Италия
35	ΘΡΑΚΗ	Фракия	44°	40–44°	40–43°	Римская провинция
36	ΑΚΥΛΗΝΙΑ	Аквилея	45°	45°	45°40'	Др. город в Сев. Италии

Список городов упорядочен по широте за двумя исключениями – 12 Сальды и 30 Апамея. Карта распределения городов и регионов показывает, насколько широко простирались интересы путешественников того времени (ил. 2). Из 36 названий 13 не встречаются на других дисках; они выделены в таблице полужирным шрифтом¹³. Наличие Константинополя в таблице говорит о том, что диск не мог быть изготовлен ранее 330 года – основания Константинополя. Широта этого города на нашем диске дана по значению широты предшествующей ему Византии, согласно Птолемию – 43°. Позднее широта города была уточнена до 41°.

В завершение этого раздела отметим, что подобные географические справочники часто встречаются на более поздних арабских астролябиях. Они, как правило, в дополнение к широте содержат еще и долготу места, а иногда и другие параметры (например, направление на Мекку).

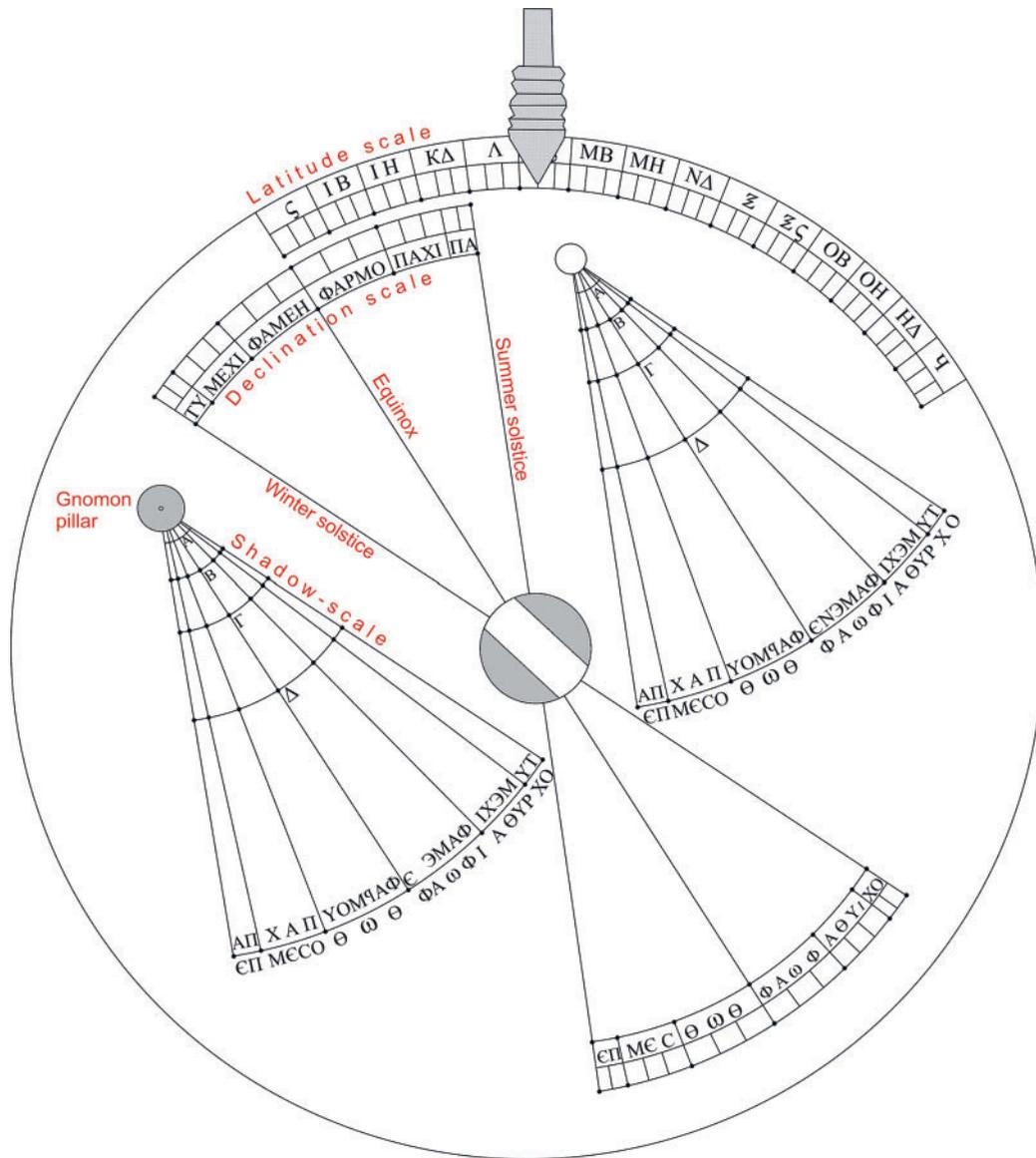


Ил. 2. Географическое распределение городов и регионов, обозначенных на диске из Мемфиса. Номера даны в соответствии с табл. 2

Календарные шкалы

Четыре календарные шкалы в виде секторов представляют месяцы александрийского календаря (ил. 3)*. Этот календарь был введен в I веке до н. э. В нем имеется 12 месяцев по 30 дней плюс пять дополнительных дней, которые добавляются после месяца *месори*.

* В верхнем центральном секторе перечислены весенние месяцы от зимнего солнцестояния до летнего; в нижнем секторе – осенние месяцы от летнего солнцестояния до зимнего. На каждой из боковых шкал перечислены все 12 месяцев, причем шесть месяцев приведены в прямом порядке (ЄΠ, ΜΕΣΟ, ΘΩΘ, ΦαωΦΙ, ΑΘΥΡ, ΧΟ), а шесть – в обратном. При этом те, что идут справа налево, читаются также справа налево в зеркальном отображении (так называемый греческий стиль бустрофедон) – ΑΠ, ΙΧΑΠ, [Υ]ΟΜ[ϱ]ΑΦ, [Ν]ЭМАΦ, ΙΧЭМ, ΥΤ. Здесь и в таблице в квадратных скобках приводятся буквы, которые написаны не на всех шкалах, а только там, где им хватило места (табл. 4). Положение указателя на градусной шкале соответствует широте 32 градуса.



Ил. 3. Календарные шкалы: два центральных и два боковых сектора.
Красным цветом выделены пояснения автора. *Прописовка*

Кроме того, так же, как и юлианский календарь, александрийский имеет високосный год (предшествующий ему египетский календарь не имел его). Таким образом, средняя продолжительность александрийского и юлианского годов одинакова и равна 365,25 суток. Поэтому начало александрийского года, первый день месяца *тот*, выпадает всегда на 29 августа юлианского календаря. Имеется одна особенность. В александрийском календаре високосный год случается на год раньше, чем в юлианском. Поэтому в таком високосном году (александрийского календаря) первый день месяца *тот* выпадает на 30 августа. Соответственно сдвигаются последующие месяцы, вплоть до февраля следующего года, когда наступает високос по юлианскому календарю¹⁴.

Таблица 3

Соответствие месяцев александрийского и юлианского календарей

Дата александрийского календаря	Соответствующая дата юлианского календаря	Дата александрийского календаря	Соответствующая дата юлианского календаря
1 тот	29 августа	1 фаменот	25 февраля
1 фаофи	28 сентября	1 фармути	27 марта
1 атир	28 октября	1 пахон	26 апреля
1 хойяк	27 ноября	1 пайни	26 мая
1 тибн	27 декабря	1 эпифи	25 июня
1 мехир	26 января	1 месори	25 июля

Линии всех четырех секторов обозначают вполне определенные астрономические моменты и соответствующие склонения Солнца. Крайние линии – это максимальные склонения Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний. Центральные линии отмечают моменты равноденствий, когда склонение Солнца равно нулю. Названия месяцев написаны между секторальными линиями. Но это не значит, что начало месяцев точно соответствует перечисленным астрономическим явлениям. Необходимо понимать это соответствие лишь приближенно. Например, в 400 году н. э. основные астрономические явления произошли в следующие даты¹⁵:

- весеннее равноденствие 19 марта = 23 фаменот (а не 1 фармути, как видно из чертежа);
- летнее солнцестояние 21 июня = 27 пайни (а не 1 эпифи);
- осеннее равноденствие 22 сентября = 25 тот (а не 1 фаофи);
- зимнее солнцестояние 20 декабря = 24 хойяк (а не 1 тибн).

Таким образом, линии секторов на диске соответствуют началу месяцев с точностью от семи до трех дней. В последующие несколько веков после 400 года, то есть в предполагаемый период изготовления нашего диска, эти даты сместились на один-два дня. К сожалению, никакой привязки к конкретному веку календарные шкалы нам не дают.

На поверхности диска видны два центральных сектора, с вершиной в центре диска, и два боковых. В центральных секторах дана разбивка месяцев на деканы, то есть на три десятидневных интервала. Это не относится к месяцам вблизи солнцестояний, поскольку их сегменты уже, они разделены на две части. Ширина секторов зависит от скорости изменения склонения Солнца. В обе стороны от центральной линии (*Equinox*) склонение Солнца меняется вблизи нулевого значения ($\delta = 0$) равномерно и наиболее быстро. Вблизи крайних линий секторов (*solstices*) склонение достигает своего экстремального значения ($\delta = \pm 23^\circ 51'$) и меняется медленно. Соответственно, месяцы, прилегающие к этим крайним линиям, теснятся в более узком секторе. Для иллюстрации этого движения обратимся к таблице 4. В колонке 5 приведены склонения Солнца из первой книги «Альмагеста» Птолемея, наиболее вероятного источника данных в первые века нашей эры¹⁶.

Углы между секторальными линиями были измерены с помощью программы Corel Draw. В программу загружалось изображение диска, приведенное к фронтальной плоскости. Поскольку во всех четырех секторах можно измерить углы в обе стороны от

центральной линии, для всех углов получим восемь значений. Например, для солнцестояний мы получили значения 23,81; 24,13; 23,94; 23,93; 23,67; 23,61; 23,49; 23,79, что дает среднюю величину наклона эклиптики $\epsilon = 23,80^\circ = 23^\circ 48'$. Это очень близко к значению Птолемея ($23^\circ 51'$).

Таблица 4

**Соответствие месяцев александрийского календаря
и кардинальных астрономических точек на шкалах нашего диска**

Надпись	Полное название месяца	Название на русском языке	Астрономическое явление	Склонение Солнца по Птолемею
1	2	3	4	5
ΕΠ	ΕΠΙΦΙ	Эпифи	Летнее солнцестояние	+23°51'
ΜΕΣ[Ο]	ΜΕΣΟΡΗ	Месори		+20°30'
ΘωΘ	ΘωΘ	Тот		+11°40'
ΦΑωΦ[Ι]	ΦΑωΦΙ	Фаофи	Осеннее равноденствие	0
ΑΘΥΡ	ΑΘΥΡ	Атир		-11°40'
ΧΟ	ΧΟΙΑΚ	Хойяк		-20°30'
ΤΥ/ΥΤ	ΤΥΒΙ	Тиби	Зимнее солнцестояние	-23°51'
ΜΕΧΙ / ΙΧΕΜ	ΜΕΧΙΡ	Мехир		-20°30'
Φ Α Μ Ε [Ν] / [Ν] ЭΜΑΦ	ΦΑΜΕΝωΘ	Фаменот		-11°40'
Φ Α Ρ Μ Ο [Υ] / [Υ] ΟΜϞΑΦ	ΦΑΡΜΟΥΘΙ	Фармути	Весеннее равноденствие	0
ΠΑΧΙ/ΙΧΑΠ	ΠΑΧωΝ	Пахон		+11°40'
ΠΑ/ΑΠ	ΠΑΥΝΙ	Пайни		+20°30'

Для промежуточных линий (месяц и два месяца до и после равноденствий) получены средние значения $20^\circ 07'$ и $11^\circ 43'$ (сравните с величинами в табл. 4). Средняя квадратичная ошибка всех 24 измерений составляет $\pm 12'$. Хорошее согласие наших измерений с величинами из Альмагеста характеризует точность и аккуратность работы мастера. Для выполнения такой работы мастер должен был иметь шаблон, размеченный с не меньшей точностью.

Угловая шкала

Угловая шкала, или шкала широт, нанесена вдоль края диска и разделена на двухградусные деления – от нуля до 90° . Каждый шестой градус подписан греческими буквенными обозначениями: ζ = 6, ΙΒ = 12, ΙΗ = 18 и т. д. до Q = 90 (надпись на диске больше похожа на русскую букву Ч). Начало этой шкалы совпадает с равноденственной линией (экватором). С помощью программы Corel Draw были измерены шестиградусные отрезки. Всего их 15. Выяснилось, что первые семь отрезков нанесены с избытком, каждое по $6,1^\circ$, следующие восемь – с недостатком – по $5,9^\circ$, так что суммарный угол шкалы 90° выдержан очень точно. Это еще одно подтверждение высокой технологичности нашего изделия.

Часовые шкалы

В двух боковых секторах нанесены концентрические дуги, представляющие собой часовые шкалы, подписанные греческими буквами А, В, Г, Д, Е (то есть 1, 2, 3, 4, 5). В вершине одного сектора находится конический гномон высотой 13,5 мм (слева на ил. 3). В вершине второго сектора гномон отсутствует, имеется только отверстие для его установки. Это простейшие солнечные часы. Они устроены по тому же принципу, что и наиболее древние солнечные часы эпохи Тутмоса III (около 1450 года до н. э.)¹⁷.

Подразумевается, что время измерялось в так называемых «сезонных» или «неравных» часах. Первый дневной час начинался с восхода Солнца, а 12-й дневной час заканчивался заходом светила. В полдень часы должны показывать начало седьмого часа. Поскольку продолжительность светового дня в разное время года разная, то и длительность каждого часа будет меняться. Летом часы самые длинные, зимой – короткие. Такая система измерения времени использовалась вплоть до появления механических часов в эпоху позднего Средневековья.

Для пользования этими солнечными часами диск должен располагаться горизонтально, чтобы тень от конического гномона падала на часовую шкалу. Самая короткая тень будет в полдень, а номера часа в данном случае следует понимать как время до и после полудня. Например, в начале пятого часа (два часа до полудня) длина тени такая же, как и в начале девятого (два часа после полудня).

Часы работают правильно, если Солнце проходит вблизи зенита, что не является чем-то необычным для Египта, особенно для пунктов, лежащих вблизи тропика Рака. Древние конструкторы таких часов рассчитали, что Солнце каждый час поднимается на 15 градусов. При этом длина тени d может быть рассчитана по формуле¹⁸:

$$(1) d = h \cdot \operatorname{tg} (n \cdot 15^\circ),$$

где h – высота гномона, n – номер часа, отсчитываемый от полудня. Для проверки этого соотношения были измерены радиусы часовых дуг обеих шкал. Их средние значения приведены в таблице 5.

Таблица 5

Часовые шкалы

Номер часа	Высота Солнца	Измеренный радиус шкалы d , мм	Длина тени d , вычисленная по формуле (1) (при $h = 17,5$ мм)	Длина тени d , вычисленная по формуле (1) (при $h = 13,5$ мм)
Полдень	90°	–	0	0
А (1)	75°	5,0	4,7	3,75
В (2)	60°	10,5	10,1	8,1
Г (3)	45°	18,0	17,5	14,0
Д (4)	30°	30,5	30,3	24,2
Е (5)	15°	63,5	65,3	52,2
Заход	0°	–	∞	∞

Другие возможности инструмента

Roman Portable Sundial – это достаточно сложное и высокотехнологичное устройство. Поэтому несколько странно, что единственное его назначение – узнавать время. Наверняка древние конструкторы предусмотрели и другие возможности его использования. Ведь по существу, перед нами аналоговый компьютер древности, связывающий три величины – склонение Солнца (выражаемое через календарь), широту места и время суток (которое можно представить как положение Солнца относительно меридиана – часовый угол Солнца). Теоретически, если известны две любые величины, можно определить третью. Мы рассмотрели, как по широте места и склонению Солнца определяется время. Теперь рассмотрим, как, зная время и склонение Солнца, определить широту места. Это актуальная для путешественников задача, особенно если они посещают места, не содержащиеся в географическом списке инструмента.

Оказывается, эта задача тоже может быть решена с помощью нашего инструмента. Для этого удобно будет зафиксировать время местным полднем, т. е. моментом, когда Солнце достигает самой высокой точки в небе. В этот момент подвижный гномон, установленный на нужную дату (склонение Солнца), будет закрывать своей тенью всю часовую шкалу, показывая окончание шестого часа, а широта φ может быть представлена следующим соотношением:

$$(2) \varphi = 90 - b + \delta,$$

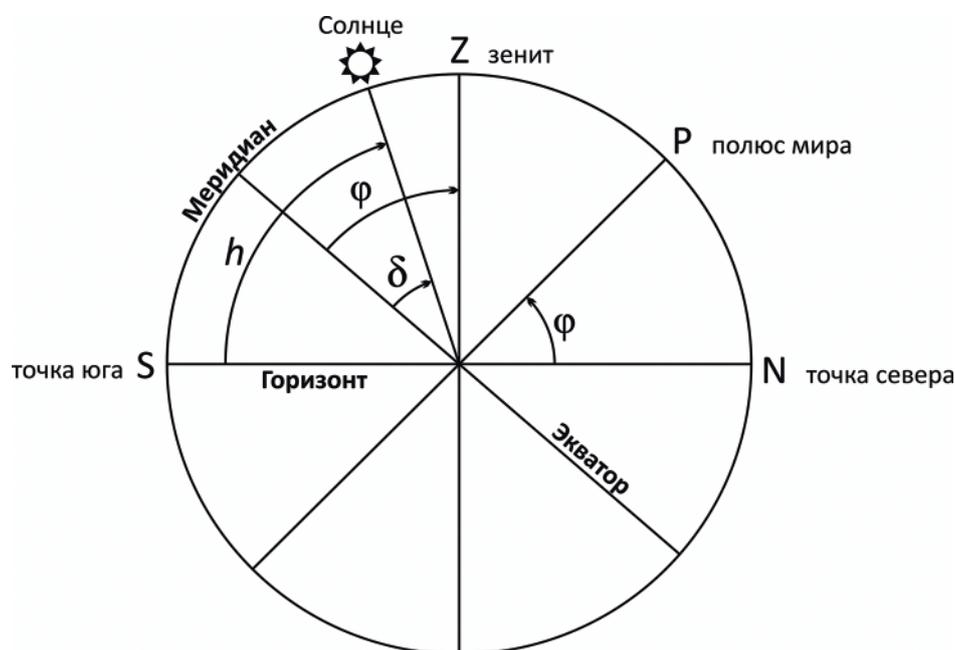
где b – высота Солнца, δ – склонение Солнца на данную дату (ил. 5).

Наш диск не позволяет непосредственно измерить высоту Солнца, но мы можем обойти это препятствие, следуя простым правилам:

- 1) острие подвижного гномона устанавливается на дату наблюдения;
- 2) вблизи полудня диск подвешивается и поворачивается так, чтобы тень гномона падала на часовую шкалу (приближаясь к окончанию шестого часа);
- 3) если Солнце продолжает подниматься, немного поворачиваем диск, следя за тем, чтобы гномон не сбивался с нужной даты, и тень продолжала падать на часовую шкалу;
- 4) если Солнце больше не поднимается, то есть наступил полдень, по шкале широт (в точке Z на ил. 5) считываем значение широты места.

Таким образом, получено значение широты вообще без каких-либо арифметических действий. Данное применение существенно расширяет возможности нашего инструмента. Остается вопрос – знали ли о нем древние? Здесь мы можем вспомнить «Географию» Птолемея, в которой перечислены координаты 6345 пунктов²¹. Как были получены эти координаты – по крайней мере, широты? Известно, что строгие астрономические методы использовались только в 29 случаях. Не исключено, что если изучаемые нами диски были распространены до начала нашей эры, то они могли внести свой вклад в получение широт.

Получается, что называть такие диски только солнечными часами – не вполне корректно. Автор считает, что такие инструменты являлись предшественниками астролябий, впервые появившихся примерно в IV веке н. э.²² Известно, что астролябии содержали ряд элементов, имевшихся на дорожных солнечных часах. Это справочник городов, солнечные часы с неподвижным гномоном, алидада (занявшая место подвижного гномона), шкала зодиакальных знаков (заместившая календарную шкалу). Да и сам принцип конструирования инструмента в виде тонкого диска (сравнимого размера)



Ил. 5. Взаимосвязь между высотой Солнца в полдень h , широтой места φ и склонением Солнца δ

с приспособлением для подвешивания – все эти факторы сближают два родственных инструмента. Поэтому было бы логично назвать *Roman Portable Sundial*, или дорожные часы, термином «проастролябия» от греческих слов *προιάτοχος αστρολάβον* – предшественник астролябии.

Необходимо также отметить, что проастролябия – не единственный предшественник астролябии, известный со времен поздней античности. Витрувий в I веке до н. э. упоминает «арахну» или «паука» – решетку со звездами, которая впоследствии также стала неотъемлемым элементом классической планисферной астролябии²³.

Технология

Что можно сказать о технологии производства таких инструментов? Во-первых, наличие характерных концентрических борозд (несколько линий на миллиметр) говорит о том, что первоначальная отливка диска была затем подвергнута шлифованию. Поскольку борозды строго концентричны, понятно, что вращение придавалось диску, а на него накладывался достаточно крупнозернистый шлифовальный камень.

Во-вторых, начало и концы всех прямых линий и дуг на поверхности диска отмечены ударами кернера (видны на ил. 6). Это лунки диаметром не более полумиллиметра. Возможно, эта разметка делалась с помощью заранее подготовленного шаблона, а значит, речь идет не о штучном производстве.

В 2018 году в ходе исследования в Отделе научно-технической экспертизы Эрмитажа был проведен рентгено-флюоресцентный анализ деталей с использованием спектрометра ArtTAX (табл. 6).



Ил. 6. Следы обработки поверхности диска. Диаметр оси – 14 мм

Таблица 6

Результаты рентгено-флуоресцентного анализа, %

	Деталь	Cu	Zn	As	Sn	Pb	Ag	Ni	Fe	Прочие
1	Диск	Осн.	18–20	Сл.	<0,8	<0,2	<0,3	Сл.	<0,4	
2	Конус	Осн.	10–11	<0,3	<0,3	<0,6	Сл.	Сл.	<0,3	
3	Гномон	Осн.	10–12	<0,4	<0,4	3–4	Сл.	Сл.	<0,2	Sb
4	Указатель	Осн.	14–16	Сл.	<0,4	<0,2	Сл.	<0,5	<0,4	
5	Шайба	Осн.	14–16	Сл.	–	<0,3	–	Сл.	<0,7	
6	Ось	Осн.	10–11	<0,3	~1	<0,8	Сл.	Сл.	<0,4	Sb
7	Кольцо	Осн.	18–20	Сл.	Сл.	<0,2	–	<0,5	<0,5	

Все детали инструмента изготовлены из двухкомпонентной латуни. Основной элемент – медь, легирующий элемент – цинк. Процентное содержание цинка от 10 до 20 %. Из других элементов можно отметить только существенный уровень свинца в гномоне. Эта добавка могла быть сделана преднамеренно для улучшения обрабатываемости этой детали. Остается сравнить полученные результаты с другими изделиями поздней античности.

¹ Дильс Г. Античная техника. М.; Л., 1934 (переиздание оригинального издания 1879 г.).

² Витрувий. Десять книг об архитектуре / пер. А. И. Венедиктова, В. П. Зубова и Ф. А. Петровского; коммент. Д. Барбаро. М., 1938. С. 181.

³ Stebbins F. A. A Roman Sun-dial // The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. 1958. Vol. 52. P. 250–254.

⁴ Field J. V., Wright M. T. Gears from the Byzantines: A portable Sundial with Calendrical Gearing // Annals of Science. 42. 1985. P. 87–138; Wright M. T. Greek and Roman Portable Sundials: An Ancient Essay in Approximation // Archive for History of Exact Sciences. 2000. N 55. P. 177–187.

⁵ Talbert R. J. A. Roman Portable Sundials. The Empire in Your Hand. Oxford, 2017.

- ⁶ *Price De Solla D. J.* Portable Sundials in Antiquity, including an account of a new example from Aphrodisias // *Centaurus*. 1969. N 14. P. 109–127, 253–256.
- ⁷ *Field J. V.* Some Roman and Byzantine Portable Sundials and the London Sundial-Calendar // *A History of Technology*. 1990. N 12. P. 103–135.
- ⁸ *Tischendorf C. von.* Notitia Editionis Codicis Bibliorum Sinaitici Auspiciis Imperatoris Alexandri II. Susceptae. Accedit Catalogus Codicum nuper ex Oriente Petropolin Perlatorum. Leipzig, 1860. P. 37.
- ⁹ *Price De Solla D. J.* Portable Sundials in Antiquity... P. 257–259. Перевод автора данной статьи.
- ¹⁰ *Buchner E.* Antike Reiseuhren // *Chiron*. 1971. N 1. P. 457–482.
- ¹¹ *Stückelberger A., Graßhoff G.* Klaudios Ptolemaios: Handbuch der Geographie. Ergänzungsband : in 2 Bd. Basel, 2006.
- ¹² *Talbert R. J. A.* Roman Portable Sundial... P. 125.
- ¹³ *Talbert R. J. A.* Roman Portable Sundial... P. 208–213.
- ¹⁴ *Evans J.* The History & Practice of Ancient Astronomy. N.Y. ; Oxford, 1998. P. 180.
- ¹⁵ *Мейс Ж.* Астрономические формулы для калькуляторов. М., 1988. С. 73.
- ¹⁶ *Клавдий Птолемей.* Альмагест или математическое сочинение в тринадцати книгах / пер. с др.-греч. И. Н. Веселовского. М., 1998. С. 32.
- ¹⁷ *Learch E. R.* Primitive Time-Reckoning // *A History of Technology*. Oxford, 1954. P. 112.
- ¹⁸ *Field J. V.* Some Roman and Byzantine... P. 129–130.
- ¹⁹ *Maslikov S., Sarma R.* A Lahore Astrolabe of 1587 at Moscow: Enigmas in its Construction // *Indian Journal of History of Science*. 2016. Vol. 51. N 3. P. 472.
- ²⁰ *Stebbins F. A.* A Roman Sun-dial... P. 251.
- ²¹ *Шеглов Д. А.* Предыстория Географии Птолемея // *Аристей. Вестник классической филологии и античной истории*. Т. 10. М., 2014. С. 82–131.
- ²² *Neugebauer O.* The early history of the astrolabe // *Isis*. 1949. N 40. P. 240–256.
- ²³ *Витрувий.* Десять книг об архитектуре. С. 326.