

Russian translation

Клепсидра эпохи бронзы из Центрального Донбасса

Л.Н. Водолажская¹, А.Н. Усачук², М.Ю. Невский³

¹ Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация;
E-mails: larisavodol@aaatec.org, larisavodol@yahoo.com

² Донецкий областной краеведческий музей, Донецк, Украина; E-mail: doold@mail.ru

³ Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация;
E-mails: mnevsk@gmail.com, munevsky@sfedu.ru

Аннотация

В статье представлены результаты междисциплинарного исследования, проведенного с помощью археологических, физических и астрономических методов. Целью исследования являлся анализ и интерпретация меток и изображений, нанесенных на поверхность срубного сосуда эпохи поздней бронзы, обнаруженного вблизи пос. Старопетровское на северо-востоке Донецкой области (Центральный Донбасс). Проведенные расчеты и измерения объема сосуда позволили установить, что старопетровский сосуд является древнейшими водяными часами - клепсидрой, обнаруженными на территории Европы, и имеющими приблизительно такой же возраст, как и самые древние из известных древнеегипетских водяных часов. Подобные сосуды – водяные часы – были необходимы срубному населению не только при проведении ритуалов, связанных с определенным временем суток, но и для разметки солнечных часов, которые недавно были обнаружены в Северном Причерноморье. Как водяные часы с метками времени гелиакического восхода Сириуса, старопетровский сосуд можно рассматривать, как древний вспомогательный астрономический инструмент, позволяющий определять время в ночные часы при астрономических наблюдениях.

Ключевые слова: лепной сосуд, метки, срубная культура, водяные часы, клепсидра, моделирование, *mina*, сосуд Ноу, секунда, астрономический инструмент, археоастрономия.

Введение

В 1985 году у поселка Старопетровское (48⁰13' N, 38⁰09' E) (окрестности г. Енакиево, Донецкая обл.) в разрушенном кургане был найден сосуд, принадлежащий срубной культуре и датируемый XV-XIV вв. до н.э. [1-3]. Его уникальность заключалась в сочетании группы знаков, нанесенных на внешнюю и внутреннюю поверхности сосуда. Особенно редкими являлись метки на внутренней стороне сосуда, которые представляли собой вертикальный ряд ногтевых вдавлений (рис. 1).

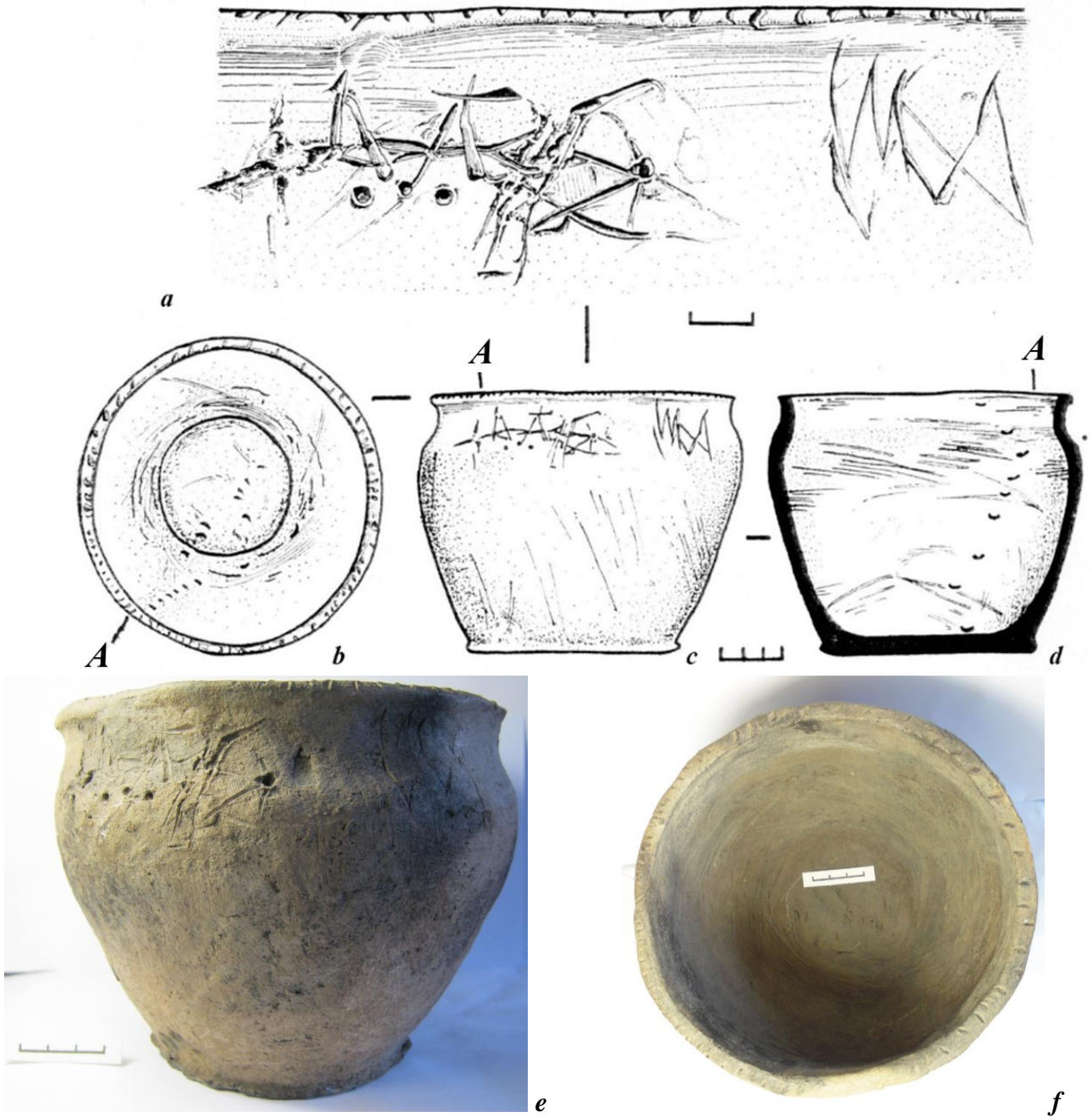


Рисунок 1. Пос. Старопетровское, разрушенный курган, рисунок сосуда с метками на внутренней поверхности: *a* – композиция на внешней стороне сосуда, *b* – вид сверху, *c* – вид сбоку, *d* – метки на внутренней боковой поверхности; *A* – место нанесения меток на внутренней поверхности относительно композиции на внешней стороне сосуда (прорисовка: В.Б. Панковский, А.Н. Усачук, 1993 г.), *e* – фотография внешней боковой поверхности сосуда (фото А.Н. Усачука, 2014 г), *f* – фотография внутренней поверхности сосуда (фото А.Н. Усачука, 2014 г).

В свое время, готовя материалы раскопанных курганов Центрального Донбасса к печати, авторы поместили в разделе «Находки из разрушенных курганов» описание сосуда из Старопетровского [4]. В то время сосуд хранился в коллекции кружка археологии на базе Енакиевского Дома пионеров и школьников, которым руководил В.Ф.

Клименко [5]. В 2002 г., завершая почти 30-летнюю работу кружка [6], В.Ф. Клименко передал почти все материалы, которые хранились там, в фонды Донецкого обл. краеведческого музея (Украина). В числе многочисленной погребальной посуды на хранение в музей поступил и сосуд из Старопетровского (ДОКМ а 3161; кп 112219). Сейчас, занявшись вплотную этим сосудом, мы пришли к выводу, что нужно сделать не только его фотографии, но и новое, более расширенное и уточненное в деталях описание находки.

Археологическое описание сосуда

Сосуд лепной с выраженным ребром. Прослеживается система лепки: сначала было изготовлено тулово (банка) высотой 8.8-9.4 см, а затем к нему примазана лента глины шириной около 3 см. Место стыка образовало ребро, которое изнутри слегка поправляли и выравняли, оставив неглубокие вмятины от пальцев. Венчик чуть отклонен наружу. Дно с небольшой закраиной. Возле дна снаружи пальцами нанесены горизонтальные расчесы при примазывании днища сосуда. Внутренняя поверхность дна оставлена очень неровной и на ней сохранились длинные линии следов придавливания и разглаживания сырой глины пальцами. Внешняя поверхность сосуда неровная, покрыта тонкими локальными горизонтальными и диагональными расчесами, выполненными деревянным орудием. Под ними прослеживаются первоначальные вертикальные расчесы мелкозубчатого штампа, почти уничтоженные последующим заглаживанием. Скорее всего, мелкозубчатый штамп использовался для более равномерного распределения глины по поверхности [7]. Под венчиком – полоса горизонтальных расчесов пальцами, связанных с формовкой сосуда. Заметим, что участок поверхности, на котором нанесена длинная композиция знаков, специально сделан более ровным. На противоположной стороне сосуда подобные участки поверхности между венчиком и ребром остались не выровненными – с наплывами глины от грубого горизонтально-диагонального разглаживания стенок. Внутренняя поверхность сосуда имеет глубокие горизонтальные и диагональные следы заглаживания разными щепками, а кое-где по следам деревянных орудий идут слабые горизонтальные следы пальцев. Поверх следов заглаживания нанесены единичные диагональные прочерченные следы. Один довольно глубокий след в виде линии шириной 0.1-0.2 см идет по крутой диагонали от торца венчика сосуда почти до дна, перечеркивая следы заглаживания. Этот след выполнен одним движением. Судя по тому, что в районе дна отпечаток тонкого (скорее всего деревянного) орудия более четкий, глубокий и узкий, а к венчику становится менее глубоким, более широким и неровным, можно сделать вывод, что нанесение следа шло от дна к устью сосуда. На расстоянии чуть более 5 см от этого следа на внутренней поверхности сосуда – два диагональных параллельных друг другу тонких следа, нанесенные по сырой глине острием (материал его неясен: металлическая игла?, очень тонкое металлическое лезвие?). В отличие от широкого, тонкие следы начинаются не под венчиком, а от внутренней части ребра сосуда и так же немного не доходят до дна. Эти следы тоже нанесены одним движением каждый, причем направление этого движения противоположно технике нанесения широкого следа: от внутренней части ребра вниз ко дну сосуда. С технологической точки зрения диагональные широкий и узкие следы при изготовлении сосуда излишни¹. Возможно, появление их на почти законченном изделии

¹ Подобная операция, правда по наружной поверхности лепной посуды, зафиксирована при изготовлении посуды на срубном поселении Широкая Балка-II в Северо-Восточном Приазовье [12].

связано с какими-то ритуальными манипуляциями с сырой посудой перед сушкой и обжигом?² Следует, на наш взгляд, обратить внимание на то, что широкий и узкие следы нанесены в противоположных направлениях. В качестве своеобразной аналогии, приведем пример гончарного орудия из раннесрубного жилища поселения Ильичевка в Подонцовье (Донецкая обл., Украина) [8]. Здесь на поверхность шпателя из фрагмента ребра крупного рогатого скота нанесены изображения двух птиц, которые противопоставлены одна другой (обращены ногами в противоположные стороны). Разнонаправленность птиц подчеркнута еще и тем, что они вырезаны на шпателе с помощью двух разных инструментов (кремневого и бронзового) [9]. Противопоставление ильичевских птиц на гончарном орудии не осталось незамеченным [10, 11]. Возможно, идеи расположения противопоставленных изображений на гончарном орудии и диагональных прочерченных противопоставленных следов на внутренней поверхности готового к обжигу сосуда близки?

Под венчиком старопетровского сосуда участок наружной поверхности покрыт прочерченными знаками (рис. 1). Знаки образуют две группы шириной 8.2 см и 3 см. Длинная группа представляет собой небрежно прочерченный небольшой неровный зигзаг. Слева от него находится грубо прочерченный косой крест, справа - круглая композиция, напоминающая колесо со спицами. Над зигзагом чуть правее нанесена короткая горизонтальная линия. Крест прочерчен не двумя линиями, а в четыре приема небольшими штрихами из центра, в результате этого в центре остался участок глины, небрежно придавленный пальцем. Под зигзагом 3 вдавления. Диаметр крайних вдавлений 0.2 см, центрального – 0.15 см. Глубина их 0.3 см. Центральное вдавление является центром композиции, поскольку замыкает собой линии зигзага. «Колесо», располагающееся справа от зигзагов, представляет собой грубо (в три приема) начерченный полукруг. Полукруг чертился сверху вниз, причем возле второй (по порядку нанесения) линии полукруга находятся две неровные тонкие линии, прочерченные параллельно друг другу и второй линии полукруга. В центре «колеса» – круглое вдавление диаметром 0.3 см, глубиной 0.45 см. От места вдавления к полукругу прочерчены пять «спиц». Судя по наложению прочерченных линий, композиция наносилась справа налево: вначале сделано вдавление, от которого идут «спицы», затем полукруг. Отметим, что первоначально очерчены первая, вторая, четвертая и пятая (очень слабо) «спицы» (считая сверху вниз слева направо). Третья «спица» прочерчена после нанесения полукруга.

После полукруга прочерчены две неровные наклонные линии, затем – короткая горизонтальная линия и сделаны три вдавления. После вдавления прочерчен зигзаг, а затем – крест. Линии наносились деревянным острием, очевидно, тем же, которым был нанесен широкий диагональный след на внутренней поверхности сосуда. В 1.8 см справа от первой группы расположена вторая группа, представляющая собой небрежно прочерченный зигзаг. Линии тонкие. Использовалось орудие более тонкое, чем при прочерчивании линий первой группы. Срез венчика украшен отпечатками ногтя, причем частота вдавлений на участке венчика, под которым находятся обе группы знаков больше, чем, на остальных участках. На внутренней поверхности сосуда напротив креста первой

² Обратим внимание на то, что гончары сознают: переломный момент в изготовлении посуды падает на начало обжига изделия [13] и исполняют в это время различные обряды: кладут рядом с сосудом в горне немного еды, крестят горн, читают молитвы, пламенем страстной свечи, зажженной в церкви, проставляют крестики на верхней части горна, следят за тем, чтобы в это время возле горна не было посторонних людей, особенно женщин, иногда трижды обходят горн и разжигают огонь веточкой освященной вербы [14].

группы знаков проходит вертикальная немного неровная линия отпечатков ногтя, начинающаяся в районе внутренней части ребра сосуда и заходящая на дно. Всего зафиксировано 8 отпечатков, нанесенных на тулово сосуда и 8 отпечатков ногтя на дне. В 2.6 см левее 7-го от дна отпечатка ногтя в линии на внутренней стороне стенки нанесены еще 2 таких же отпечатка, но получившиеся неглубокие и менее четкие, чем почти все отпечатки в линии (рис. 1). Создается впечатление, что эта пара не относится к вертикальной линии ногтевых вдавлений³. Обратим внимание, что два тонких прочерченных следа, идущие от внутренней части ребра сосуда ко дну находятся напротив линии отпечатков ногтя.

Метки 2-8 оставлены одним и тем же ногтем. Длина отпечатков 0.55 см. На дне – немногим более – 0.6-0.65 см. Толщина отпечатков 0.1 см и иногда чуть более. С учетом толщины отпечатков, их наносил взрослый человек [15], который при нанесении, скорее всего, использовал не всю ногтевую пластину, а лишь ее отросший край.

Сосуд неровен. Высота его от 11.6-11.8 см до 12.0-12.2 см. Диаметр венчика 14.3-14.6 см, ребра – 15.3-15.6 см, дна – 9.4-9.8 см (край дна в некоторых местах немного утрачен).

Цвет старопетровского сосуда снаружи – желто-серый с темно-серыми (изредка до почти черного цвета) пятнами. Судя по этим пятнам, обжиг костровой, шел в восстановительной среде [16-18]. Преобладающая светло-серая окраска внутренней поверхности предполагает, что при обжиге сосуд стоял на дне и был наполнен золой и пеплом от древесного угля [19]. Тесто в изломе темно-серое без резких прослоек, что отражает длительную выдержку сосуда в обжигательном устройстве [20, 21]. В целом, обжиг сосуда довольно качественный, при постукивании по стенкам сосуда звук чистый и почти звонкий. Качество сосуда проявилось и во время экспериментов с неоднократным наполнением его водой (см. ниже). Скорее всего, сосуд из Старопетровского хоть и обожжен в костре, но не в открытом, а в защищенном от ветра – в углубленном костре или яме [22, 23], или зольнике-яме [24]. Подобное технико-технологическое обеспечение позволяло сглаживать негативные моменты кострового обжига [25] и существовало в среде срубного населения [26, 27].

В данный момент уникальный сосуд хранится в Донецком областном краеведческом музее. Сосуд не пострадал во время обстрелов музея в августе 2014 года⁴.

Расчеты объема старопетровского сосуда

Обнаруженный в 1985 году вблизи поселка Старопетровское срубный сосуд имеет метки на внутренней стороне, напоминающие разметку мерного сосуда. Для доказательства, что находка действительно является мерным сосудом, нами были проведены междисциплинарные исследования с помощью естественнонаучных методов, которые стали особенно широко применяться в археологии в последние годы [28-35].

Первоначально, на основании опубликованной ранее прорисовки (рис. 1), нами были проведены расчеты объемов, соответствующие меткам сосуда. Сосуд мысленно был разделен на восемь горизонтальных слоев между девятью метками. Из-за крутых изгибов боковых стенок, для более точного расчета объема сосуда, слой между первой и второй метками был дополнительно разделен на четыре слоя (метка 1 соответствует дну сосуда),

³ Нечеткость этой пары следов и их непричастность к вертикальной линии ногтевых вдавлений привели к тому, что в описании сосуда из Старопетровского в 1994 г. эта деталь была упущена.

⁴ <http://www.youtube.com/watch?v=FKkC1KYM2dc>

а слой между восьмой и девятой метками – на два слоя. Пространство между дном и первой меткой, а также девятой меткой и верхним краем венчика сосуда также рассматривались нами, как отдельные слои. Таким образом, сосуд был мысленно разбит нами на тринадцать слоев ($N=13$).

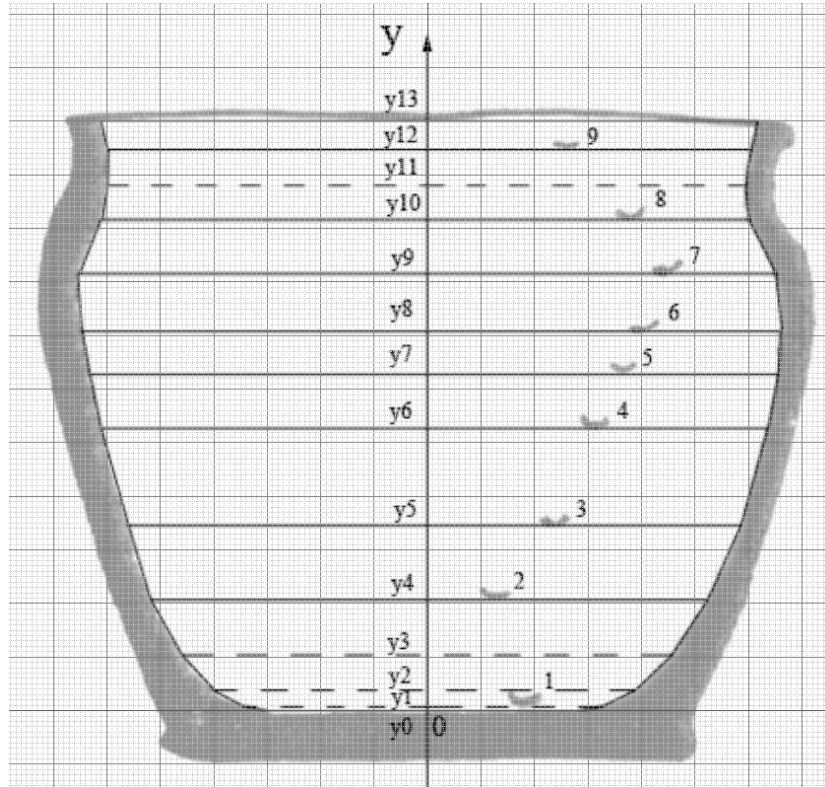


Рисунок 2. Пос. Старопетровское, разрушенный курган, чертеж сосуда: Y – вертикальная координатная ось, направленная от днища к венчику сосуда, y_i – координаты меток и вспомогательных слоев по оси Y . Рядом с метками проставлены их номера.

Боковую поверхность сосуда мы аппроксимировали ломаной линией, соответствующей делению сосуда на слои (рис. 2). Каждый слой был представлен нами, как усеченный круговой наклонный конус, объем которого рассчитывался по формуле 1:

$$V_i = \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot h_i \cdot (d_{i-1}^2 + d_{i-1} \cdot d_i + d_i^2), \quad (1)$$

где $h_i = y_i - y_{i-1}$,

$$i \in [1; N]$$

V_i – рассчитанный объем i -го конуса, i – номер конуса, y_i - координата метки сосуда или вспомогательного слоя по оси Y (для дна $i=0$), h_i – высота i -го конуса, d_i – диаметр основания i -го конуса, N – общее количество слоев. В нашем случае $N=13$.

Результаты наших расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Рассчитанные объемы слоев – усеченных конусов; i – номер конуса, y_i – координата метки сосуда или вспомогательного слоя по оси Y (для дна $i=0$), h_i – высота i -го конуса, d_i – диаметр основания i -го конуса, V_i – рассчитанный объем i -го конуса.

i	y_i (см)	h_i (см)	d_i (см)	V_i (см ³)
0	0.0	0.0	5.8	-
1	0.1	0.1	6.7	3.1
2	0.4	0.3	7.9	12.6
3	1.1	0.7	9.2	40.0
4	2.1	1.0	10.5	75.7
5	3.5	1.4	11.5	132.9
6	5.3	1.8	12.5	203.6
7	6.3	1.0	12.9	126.5
8	7.2	0.9	13.1	119.5
9	8.2	1.0	13.1	134.3
10	9.2	1.0	12.0	123.7
11	9.8	0.6	11.9	67.6
12	10.5	0.7	12.0	78.8
13	11.0	0.5	12.2	57.9

Рассчитанный нами по прорисовке суммарный объем сосуда равен сумме объемов всех слоев $V_{общ} = 1176.2 \text{ см}^3$.

Результирующие объемы слоев между метками представлены в таблице 2.

Таблица 2. Рассчитанные результирующие объемы слоев – усеченных конусов между метками; m – номер метки, j – номер слоя между метками, V_j – объем j -го слоя.

m	j	V_j см ³
1	-	-
2	1	128.3
3	2	132.9
4	3	203.6
5	4	126.5
6	5	119.5
7	6	134.3
8	7	123.7
9	8	146.4

Измеренная высота старопетровского сосуда равна 12.2 см [36].

Объем сосуда между крайними (1-й и 9-й) метками рассчитывался нами по формуле 2, средний объем слоя между метками – по формуле 3, и среднее квадратичное отклонение рассчитывалось по формуле 4 [37]:

$$V_{\text{мет}} = \sum_{j=1}^n V_j \quad (2)$$

$$V_{cp} = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{n} \quad (3)$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (V_{cp} - V_j)^2} \quad (4)$$

где $V_{мет}$ – объем сосуда между крайними (1-й и 9-й) метками, j – номер слоя между метками, n – общее количество слоев между метками ($n=8$), V_j – объем j -го слоя, V_{cp} – средний объем слоя между метками, σ – среднее квадратичное отклонение.

Рассчитанный по формуле 2 объем сосуда между крайними (1-й и 9-й) метками $V_{мет}=1115.3 \text{ см}^3$. Рассчитанный по формуле 3 средний объем слоя между метками $V_{cp}=139.4 \text{ см}^3$. Рассчитанное по формуле 4 среднее квадратичное отклонение $\sigma=\pm 25.4 \text{ см}^3$. Таким образом, объем каждого слоя сосуда между двумя соседними метками оказался равен $139.4 \pm 25.4 \text{ см}^3$. Объемы почти всех слоев попали в этот диапазон. Только объем 3-го слоя на 38.8 см^3 (23.5%) превысил верхнюю границу указанного диапазона. Для выяснения причины такого отклонения требовалось проведение непосредственных измерений объема сосуда водой. Если причина заключалась в неточности прорисовки, то такие измерения полностью подтвердили бы нашу гипотезу о том, что старопетровский сосуд мог использоваться в качестве водяных часов.

Таким образом, проведенные нами расчеты на основе первичной прорисовки старопетровского сосуда, в первом приближении, подтвердили гипотезу о том, что старопетровский сосуд мог являться водяными часами накопительного типа для измерения временных промежутков равной длительности, т.к. метки отмечали объемы примерно одной и той же величины. Однако, для окончательного вывода, требовалось проведение непосредственных измерений сосуда водой.

Измерения объема старопетровского сосуда

Для проверки результатов расчетов и уточнения объема А.Н. Усачуком были проведены измерения объема каждого слоя сосуда между метками с помощью воды. Для того, чтобы добиться максимальной точности измерений, были использованы химико-лабораторные мерные стаканы: на 200 мл (№ 00159) и на 25 мл (без №) ПАО «Стеклоприбор», соответствующие техническим условиям ТУ У 14307481.016-96, а так же дополнительный стакан-пробирка без мерок для доливания воды в мерный стакан на 200 мл.

В процессе измерения объемов, сосуд устанавливался на горизонтальную поверхность, проверенную с помощью строительного уровня.

Перед измерениями сосуд предварительно наполнялся водой и стоял в наполненном состоянии несколько минут для того, чтобы стенки могли впитать воду. Затем воду выливали и начинали измерения. Для отработки метода измерения объема сосуда, серии измерений повторялись несколько раз. В статью вошли результаты только последней серии измерений, выполненной полностью отработанным методом.

На этапе отработки метода, когда вода была налита, а затем вылита из сосуда в самый первый раз, в нем практически не осталось воды. Она впиталась в стенки и дно сосуда. Оказалось, что сосуд в целом хорошо держит воду, только в районе дна поначалу просачивалась очень незначительная часть воды – вероятно, через микротрещины. В

дальнейшем, где-то после половины всех замеров, вода перестала вообще просачиваться через дно и наружная поверхность дна только локально становилась влажной. Таким образом, сосуд для эпохи поздней бронзы был довольно хорошо обожжен, хотя и применялся костровой обжиг. К концу замеров сосуд снаружи был почти сухой, помимо небольшого увлажнения дна и точечных участков тулова в двух-трех местах (очевидно, в стенках также присутствуют микротрещины).

В процессе повторного изучения меток на внутренней боковой поверхности старопетровского сосуда было выявлено, что 1-я метка на прорисовке относится к группе меток на дне сосуда, т.к. находится на продолжении линии, вдоль которой располагается большинство меток дна. Однако, примерно на той же высоте, но на продолжении линии, вдоль которой располагается большинство боковых меток, находится еще одна метка, не отмеченная на первоначальной прорисовке. Эта метка и была пронумерована нами в измерениях, как 1-я метка (рис. 3).



Рисунок 3. Пос. Старопетровское, разрушенный курган, фотография внутренней поверхности сосуда. На фотографии рядом с метками на боковой поверхности нанесены их номера в измерениях.

Также было обнаружено, что 9-я метка прорисовки визуально заметно отличается от остальных меток и фактически является случайной царапиной, поэтому нами в измерениях она не рассматривалась. И, как следствие, измерения объема между 8-й и 9-й метками не производились.

При сопоставлении расположения меток с рисунком на внешней боковой поверхности сосуда было выявлено, что метка 7 располагается примерно на том же уровне, что и нижняя часть обода "колеса", а метка 8 – на уровне центра колеса. Т.е. элементы "колеса" могли выполнять функцию меток на внешней стороне сосуда. Предположив, что верхняя

часть обода "колеса" также могла играть роль метки, мы попытались учесть и ее в дальнейших измерениях водой, обозначив, как метку Т.

Каждое измерение сосуда водой производилось в шести повторах. Воду наливали с помощью мерных стаканов (определяя тем самым объем) до каждой из меток и для меток на внутренней боковой поверхности измеряли высоту уровня воды от дна. Результаты измерений представлены в таблице 3 и 4.

Таблица 3. Результаты измерений объема сосуда водой; $V_{изм 1}, \dots, V_{изм 8}$ – измеренный объем сосуда от дна до каждой из восьми меток, $V_{изм T}$ – измеренный объем сосуда до метки Т, $V_{изм общ}$ – общий измеренный объем сосуда.

номер измерения	$V_{изм 1}$, (мл)	$V_{изм 2}$, (мл)	$V_{изм 3}$, (мл)	$V_{изм 4}$, (мл)	$V_{изм 5}$, (мл)	$V_{изм 6}$, (мл)	$V_{изм 7}$, (мл)	$V_{изм 8}$, (мл)	$V_{изм T}$, (мл)	$V_{изм общ}$, (мл)
1	36.5	140.0	259.5	418.0	539.0	686.5	848.0	999.0	1138.5	1187.5
2	36.0	143.0	256.0	414.6	532.5	684.0	846.0	988.8	1138.3	1180.5
3	37.0	137.5	260.5	410.5	528.2	679.5	842.5	983.0	1137.5	1181.0
4	37.6	137.0	264.9	416.3	525.0	690.5	842.0	988.0	1134.5	1180.0
5	36.4	143.3	257.8	411.5	523.5	686.0	846.5	984.0	1128.5	1186.5
6	37.0	140.0	252.0	414.5	523.0	682.5	842.5	996.0	1133.8	1171.0

Таблица 4. Результаты измерений высоты расположения меток относительно дна; $y_{изм 1}, \dots, y_{изм 8}$ – измеренная высота каждой из восьми меток.

номер измерения	$y_{изм 1}$, (см)	$y_{изм 2}$, (см)	$y_{изм 3}$, (см)	$y_{изм 4}$, (см)	$y_{изм 5}$, (см)	$y_{изм 6}$, (см)	$y_{изм 7}$, (см)	$y_{изм 8}$, (см)
1	0.8	2.3	3.7	5.1	6.1	6.9	8.2	9.4
2	0.8	2.2	3.7	5.1	6.1	6.9	8.2	9.4
3	0.7	2.3	3.8	5.1	6.0	6.9	8.2	9.4
4	0.8	2.3	3.9	5.1	6.0	6.9	8.2	9.4
5	0.7	2.4	3.8	5.1	6.0	6.9	8.2	9.5
6	0.8	2.4	3.8	5.1	6.1	6.9	8.2	9.5

Затем, полученные объемы и высоты были пересчитаны для каждого слоя по формулам 5 и 6:

$$V_{сл j} = V_{изм j} - V_{изм (j-1)} \tag{5}$$

$$h_{сл j} = y_{изм j} - y_{изм (j-1)}, \tag{6}$$

где $j \in [1; k]$

где j – номер слоя, n – количество слоев ($k=7$), $V_{сл j}$ – измеренный объем слоя j , $V_{изм j}$ – измеренный объем сосуда от дна до метки $m=j+1$, $h_{сл j}$ – измеренная высота слоя j , $y_{изм j}$ – измеренная высота сосуда от дна до метки $m=j+1$.

Результаты такого пересчета представлены в таблице 5 и 6.

Таблица 5. Объем слоев сосуда между метками; $V_{сл 0}$ – объем слоя сосуда от дна до метки 1, $V_{сл 1}, \dots, V_{сл 7}$ – высота слоев между соседними восемью метками, $V_{сл T}$ – объем слоя сосуда от метки 8 до метки Т, $V_{сл вен}$ – объем слоя сосуда от метки Т до края венчика.

номер измерения	$V_{сл 0}$, (мл)	$V_{сл 1}$, (мл)	$V_{сл 2}$, (мл)	$V_{сл 3}$, (мл)	$V_{сл 4}$, (мл)	$V_{сл 5}$, (мл)	$V_{сл 6}$, (мл)	$V_{сл 7}$, (мл)	$V_{сл Т}$, (мл)	$V_{сл вен}$, (мл)
1	36.5	103.5	119.5	158.5	121.0	147.5	161.5	151.0	139.5	49.0
2	36.0	107.0	113.0	158.6	117.9	151.5	162.0	142.8	149.5	42.2
3	37.0	100.5	123.0	150.0	117.7	151.3	163.0	140.5	154.5	43.5
4	37.6	99.4	127.9	151.4	108.7	165.5	151.5	146.0	146.5	45.5
5	36.4	106.9	114.5	153.7	112.0	162.5	160.5	137.5	144.5	58.0
6	37.0	103.0	112.0	162.5	108.5	159.5	160.0	153.5	137.8	37.2

Таблица 6. Высота слоев между метками; $h_{сл 0}$ – высота слоя от дна до метки 1, $h_{сл 1}, \dots, h_{сл 7}$ – высота слоев между соседними метками.

номер измерения	$h_{сл 0}$, (см)	$h_{сл 1}$, (см)	$h_{сл 2}$, (см)	$h_{сл 3}$, (см)	$h_{сл 4}$, (см)	$h_{сл 5}$, (см)	$h_{сл 6}$, (см)	$h_{сл 7}$, (см)
С 1	0.8	1.5	1.4	1.4	1.0	0.8	1.3	1.2
Р 2	0.8	1.5	1.5	1.4	1.0	0.8	1.3	1.2
Е 3	0.7	1.6	1.6	1.3	0.9	0.9	1.3	1.2
Д 4	0.8	1.5	1.6	1.3	0.9	0.9	1.3	1.2
Н 5	0.7	1.7	1.5	1.3	1.0	0.9	1.3	1.3
Я 6	0.8	1.7	1.4	1.4	1.0	0.9	1.3	1.3

Средняя высота слоя между метками и средний объем слоя между метками рассчитывались для $n=7$ по формуле, аналогичной формуле 3. Среднее квадратичное отклонение от среднего измеренного объема рассчитывалось по формуле 4. Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7. Средние значения высоты и объема слоев старопетровского сосуда между метками; m – метка, j – номер слоя, $h_{сл j ср}$ – средняя высота слоя j , $V_{сл j ср}$ – средний объем слоя j , $\sigma_{сл j}$ – среднее квадратичное отклонение от среднего объема слоя j .

m	j	$h_{сл j ср}$, (см)	$V_{сл j ср}$, (см ³)	$\sigma_{сл j}$, (см ³)
1	0	0.8	36.8	±0.5
2	1	1.6	103.4	±2.9
3	2	1.5	118.3	±5.7
4	3	1.3	155.8	±4.4
5	4	1.0	114.3	±4.8
6	5	0.9	156.3	±6.6
7	6	1.3	159.8	±3.8
8	7	1.2	145.2	±5.6
Т	8	1.2	145.4	±5.7
Край венчика	9	0.6	45.9	±6.5

Для проверки гипотезы о водяных часах нами были рассмотрены слои 1-7 между метками 1 и 8. Слой воды между дном и первой меткой нами не рассматривался, т.к. его объем был значительно меньше объемов между остальными метками. С нашей точки зрения, для начала отсчета времени, сосуд каждый раз должен был заполняться водой до первой метки. Это могло быть целесообразным с точки зрения контроля целостности дна

и контроля горизонтального или одного и того же уровня установки сосуда, близкого к горизонтальному. В последнем случае, в качестве вспомогательной, могла быть использована, как раз, та самая метка, которая обозначена первой на прорисовке и расположена, примерно, на той же высоте, что и первая метка измерений.

По результатам измерений общий измеренный объем старопетровского сосуда равен $V_{сл\ общ} = 1181,1 \text{ см}^3$ (таб. 3). Суммарный измеренный объем слоев сосуда между крайними (1-й и 8-й) метками равен $V_{сл\ мет} = 953,1 \text{ см}^3$. Для сравнения, суммарный рассчитанный объем сосуда между аналогичными (1-й и 8-й) метками на прорисовке равен $V_{мет} = 968,9 \text{ см}^3$. Т.е. суммарный рассчитанный объем между этими метками отличается от измеренного менее, чем на 2%, что свидетельствует о хорошем качестве прорисовки профиля сосуда и адекватности выбранной математической модели для расчета его объема. Рассчитанный по формуле, аналогичной формуле 3, средний измеренный объем слоя между соседними метками равен $V_{сл\ ср} = 136,2 \text{ см}^3$. Рассчитанное по формуле, аналогичной формуле 4, соответствующее среднее квадратичное отклонение равно $\sigma_{сл\ ср} = \pm 21,7 \text{ см}^3$. Таким образом, измеренный объем слоя сосуда между двумя соседними боковыми метками оказался равен $136,2 \pm 21,7 \text{ см}^3$.

Измеренные объемы всех слоев между боковыми метками соответствуют этому диапазону. Исключение составляет только шестой слой. Однако его объем превышает верхнюю границу указанного диапазона лишь на $1,9 \text{ см}^3$ (1,2%). Такое незначительное отклонение можно отнести к погрешности измерений, но, скорее всего, оно связано с наклонным расположением седьмой метки. Возможно, в измерениях следовало ориентироваться на ее нижний край.

Рассчитанный объем слоя сосуда между двумя соседними боковыми метками, как было указано выше, равен $139,4 \pm 25,4 \text{ см}^3$. Его среднее значение лишь незначительно, на $3,2 \text{ см}^3$ или 2,4%, превышает среднее значение измеренного объема слоя между соседними метками. Этот факт подтверждает возможность проведения по прорисовке сосуда расчетов его объема с использованием математической модели, представляющей собой комплекс усеченных круговых конусов, аппроксимирующих туловище сосуда.

Если мы рассмотрим в качестве метки верхнюю часть обода "колеса", то общий объем между крайними метками (первой меткой и меткой Т) будет равен $\approx 1098,4 \text{ см}^3$, а объем слоя между восьмой меткой и меткой Т будет равен $\approx 145,4 \text{ см}^3$. Т.е. он соответствует среднему значению измеренного объема слоя между остальными соседними метками на боковой поверхности. Таким образом, верхнюю часть обода "колеса" вполне могли использовать, как еще одну метку.

Древние водяные часы

Наиболее известным типом древних мерных сосудов с вертикально расположенными метками являются водяные часы (клепсидры).

Самое древнее упоминание о водяных часах было обнаружено в текстах клинописных табличек коллекций Энума-Ану-Энлиль (XVII-XII вв. до н.э.) и MUL.APIN (VII в. до н.э.) [38]. В этих табличках о водяных часах говорится в связи с платой охранникам в дневные и ночные часы.

Однако, древние водяные часы или их фрагменты в Месопотамии до сих пор не обнаружены. Поэтому их внешний вид остается неясным. Предполагается, что в Вавилоне могли использоваться водяные часы цилиндрической формы [39].

Наиболее древние из обнаруженных водяных часов были найдены на территории Египта в Карнаке и датируются эпохой Аменхотепа III (XIV в. до н.э.) (рис. 4 а). В Египте была также обнаружена и надпись с описанием водяных часов в гробнице Аменемхета (XVI в. до н.э.), сановника времен Аменхотепа I, в которой также утверждалось, что Аменемхет был их изобретателем [40] [Куртик, 1990, с. 234]. Также были обнаружены фрагменты египетских клепсидр и их уменьшенные копии, датируемые более поздним, эллинистическим и римским периодами [41-46].

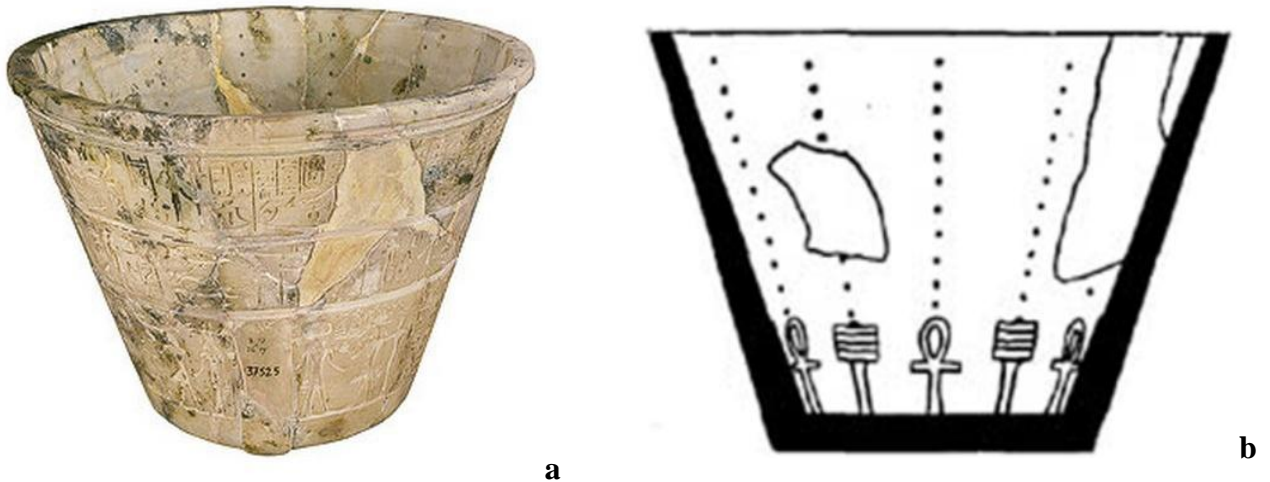


Рисунок 4. Карнакская клепсидра: **а** – фотография клепсидры (Каир, Египетский музей)⁵, **б** – схема шкал карнакской клепсидры на ее внутренней поверхности [47].

Древние водяные часы могли иметь различную форму (перевернутый усеченный конус, призматическую, цилиндрическую и др.) и измеряли объем вытекающей или втекающей воды. Инструменты первого типа, называемые водяными часами вытекающего типа, перед началом измерений наполняли водой до предельного уровня, а второго типа, называемые часами накопительного типа, напротив, полностью освобождали от воды [48].

Водяные часы применялись для измерения времени в закрытых помещениях, чаще всего в храмах при совершении богослужения, когда требовалось строго учитывать время. Каждый час дня был посвящен одному божеству, и каждому божеству посвящалась особая молитва. Водяные часы были важным прибором и для определения времени в ночные часы, необходимого при астрономических наблюдениях [49].

Отсчет времени в египетских водяных часах производили по градуированным шкалам, нанесенным на внутреннюю поверхность сосуда. Клепсидра из Карнака имела 12 подобных шкал неодинаковой длины, скорее всего, по одной на каждый месяц года (рис. 4 б). Они были разделены на 11 интервалов, предположительно, позволяющих измерять время от конца 1-го часа до конца 12-го часа ночи. Исходной точкой для измерения, возможно, служил восход или кульминация определенной звезды, после чего отсчет часов производился независимо от звездных наблюдений [50]. В некоторых других образцах клепсидр также имелись 12 шкал, но разделенных уже на 12 интервалов. В ряде клепсидр распределение шкал по месяцам было неравномерным [51]. Таким образом, не

⁵http://www.eternalegypt.org/EternalEgyptWebsiteWeb/HomeServlet?ee_website_action_key=action.display.text.vi ewer&language_id=1&element_id=60513&name=19741&image_name=http://www.eternalegypt.org/images/elements/19741_310x310.jpg&mode=1n&title=Water%20Clock

существовало строгих правил для разметки египетских водяных часов, и он вполне мог меняться в разные эпохи.

Интерпретация старопетровского сосуда, как водяных часов

В старопетровском сосуде присутствует 8 боковых меток, маркирующих семь слоев воды, каждый из которых имеет объем $V_{сл}=136.2\pm 21.7 \text{ см}^3$. Если сопоставить каждый слой между метками со временным промежутком, равным одному часу, то с помощью семи слоев можно было измерить семь часов равной длительности со средней точностью $\Delta t_{сл\text{ ср}}=\sigma_{сл\text{ ср}}/V_{сл\text{ ср}}=\pm 0.16 \text{ часа}=\pm 9.6 \text{ минут}$. Если учесть возможность использования верхней части обода «колеса» в качестве еще одной метки, то с помощью такой разметки можно было измерить уже восемь часов.

Если предположить, что каждому слою старопетровского сосуда соответствует один час длительностью 60 минут или 3600 секунд, то промежутку времени, равному одной секунде, будет соответствовать объем воды $V_{1сек}\approx V_{сл\text{ ср}}/3600=0.04 \text{ см}^3$. Известно, что объем обычной водной капли составляет в среднем⁶: $0.03\text{-}0.05 \text{ см}^3$. Долгое время, вплоть до XIX в., «капля» была наименьшей единицей аптекарской меры⁷ [52]. Т.е., если с помощью старопетровского сосуда измеряли время, а каждой его метке соответствовал один час, равный 1/24 части солнечных суток, то вода в сосуд должна была поступать со скоростью равной, примерно, одной капле в секунду. Однако, о секунде, как единице измерения времени, достоверно известно только с 1000 года н.э. [53], хотя отсутствие достоверных свидетельств еще не говорит о невозможности существования этой единицы измерения в более ранние эпохи. Существование в более ранние периоды и само происхождение секунды вполне могло быть связано с наблюдением за пульсом взрослого здорового человека в спокойном состоянии, который, как правило, равен 60 ударам в минуту или одному удару в секунду⁸.

Таким образом, равенство объема воды, соответствующего одной секунде (наименьшей единице измерения времени), объему одной водной капли (наименьшей старинной единице измерения объема жидкости), также может рассматриваться, как свидетельство в пользу использования старопетровского сосуда в качестве водяных часов накопительного типа.

В древнем Вавилоне вес воды в водяных часах измерялся в *mina* (*mana*) [54]. Исходя из длительности суток равной 6 *mina* [55-57] и веса одной *mina*, находящегося, примерно, в диапазоне от 460 г до 540 г [58], можно определить, что вес воды для измерения одного часа находился в диапазоне от 115 г до 135 г, а одной секунде соответствовал вес в диапазоне 0.03 г до 0.04 г.

Таким образом, с учетом, что средняя плотность пресной воды $\approx 1 \text{ г/см}^3$ при температурах от +15° до +20° С [59], то объем пресной воды, соответствующий одной *mina*, находится в диапазоне от 460 см^3 до 540 см^3 (следовательно, в среднем объем одной *mina* равен $\approx 500 \text{ см}^3$), объем воды, необходимый для измерения 1 часа находится в диапазоне от 115 см^3 до 135 см^3 , а для измерения одной секунды – от 0.03 см^3 до 0.04 см^3 . Объем воды для измерения одного часа с помощью старопетровского сосуда превышает

⁶ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Капля>

⁷ [http://en.wikipedia.org/wiki/Minim_\(unit\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Minim_(unit))

⁸ <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003399.htm>

верхнюю границу для традиционной mina, примерно, на 1.2 см^3 (0.9%). Столь малой величиной отличия вполне можно пренебречь, отнеся ее к погрешности измерений.

В старовавилонских астрономических текстах – в табличках BM 17175 + 17284 (опубликованы в приложении к изданию MUL.APIN [60]) – приведена схема определения длительности дня и ночи – дневной и ночной стражи – в зависимости от сезонов года. В дни равноденствия для измерения длительности дня требуется 3 mina воды, а ночи – 3 mina. В день летнего солнцестояния для дня – 4 mina, а ночи – 2 mina. В день зимнего солнцестояния для дня – 2 mina, а ночи – 4 mina.

Данный текст послужил прототипом для более поздних текстов, в которых определялась также длина дневной или ночной стражи на протяжении года – в «Астролябиях», в таблице XIV серии EAE и в MUL.APIN [61].

Интересным фактом является то, что указанное в табличке BM 17175 отношение длительности дня в день летнего солнцестояния к длительности дня в равноденствие и к длительности дня в зимнее солнцестояние – 4:3:2 (аналогично для ночи, но в обратном порядке), наиболее точно соответствует не широтам Месопотамии (примерно, $30^\circ - 38^\circ N$), а широтам между $45^\circ N$ и $50^\circ N$ (таб. 8, 9). В таблице 8 приведены результаты расчетов длительности дня (от восхода до захода Солнца) в минутах для 1500 года до н.э. для долготы $44^\circ E$ (выбор долготы принципиального значения не имеет, т.к. длительность дня и ночи зависит только от широты) и для широт в диапазоне от $30^\circ N$ до $50^\circ N$. Расчеты производились нами с помощью астрономической программы RedShift-7 Advanced. В таблице 9 представлены результаты пересчета длительности дня в mina для тех же широт.

Чтобы соответствовать соотношению, указанному в клинописной табличке BM 17175, при длительности дня в равноденствие равной 725 минут, длительность дня в летнее солнцестояние должна быть равна 967 минут, а в зимнее солнцестояние 483 минуты. Таким образом, длительность дня в летнее солнцестояние меньше, чем указано в табличке BM 17175, для $30^\circ N$ примерно на 2 часа, для $35^\circ N$ на 1.6 часа, для $40^\circ N$ на 1.1 часа, для $45^\circ N$ на 0.5 часа, а для $50^\circ N$ – больше на 0.3 часа. Длительность дня в зимнее солнцестояние больше, чем указано в табличке BM 17175, для $30^\circ N$ примерно на 2 часа, для $35^\circ N$ на 1.7 часа, для $40^\circ N$ на 1.2 часа, для $45^\circ N$ на 0.6 часа, а для $50^\circ N$ – меньше на 0.1 часа. Соотношения длительности дня и, соответственно, ночи будут точно такими же, как указано в клинописной табличке, в диапазоне от $47^\circ 55' N$ до $49^\circ 25' N$ с точностью $5'$.

Таблица 8. Длительность дня в минутах на разных широтах, рассчитанная для 1500 года до н.э.; $t_{\text{днев}}$ – длительность дневного времени в минутах.

	$t_{\text{днев}}$ (минуты)					
	$30^\circ N$	$35^\circ N$	$40^\circ N$	$45^\circ N$	$48^\circ N$	$50^\circ N$
летнее солнцестояние	845	871	901	939	965	983
равноденствие	725	725	725	725	725	725
зимнее солнцестояние	608	582	553	518	493	475

Таблица 9. Длительность дня в mina на разных широтах, рассчитанная для 1500 года до н.э.; t_{mina} – длительность дневного времени в mina.

	$t_{\text{дней}}$, (минуты)					
	30° N	35° N	40° N	45° N	48° N	50° N
летнее солнцестояние	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1
равноденствие	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
зимнее солнцестояние	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	2.0

Старопетровский сосуд имеет объем между крайними метками (с учетом метки T) $\approx 1135.2 \text{ см}^3 = 2.1 \text{ mina} \approx 2 \text{ mina}$ (где $1 \text{ mina} = 540 \text{ см}^3$). Таким образом, с помощью девяти меток (восемь на внутренней боковой поверхности и метка T на внешней) старопетровского сосуда можно было измерить восемь часов равной длительности, аналогично вавилонским часам. При этом наполнение сосуда водой происходило с той же скоростью, как и в вавилонских водяных часах, одна капля в секунду. Почти восемь часов длится день в зимнее солнцестояние (ночь в летнее солнцестояние) на широте обнаружения старопетровского сосуда. Для измерения этого промежутка времени старопетровский сосуд должен был наполниться один раз. В день летнего солнцестояния, или в ночь зимнего солнцестояния, старопетровский сосуд должен был наполниться дважды. А на протяжении целых суток – трижды. Т.е. с помощью старопетровского сосуда было легко производить измерения длительности дня и ночи в дни летнего и зимнего солнцестояний по правилу, указанному в табличке BM 17175.

Широта обнаружения старопетровского сосуда равна $48^{\circ}13' N$ и попадает в диапазон широт, оптимально соответствующих правилу из месопотамской таблички, что свидетельствует в пользу контактов, скорее всего, опосредованных, между срубным населением Северного Причерноморья (в том числе и Центрального Донбасса) и населением Древней Месопотамии в эпоху поздней бронзы.

Т.к., несмотря на упоминание в месопотамских клинописных текстах, самих древних водяных часов в Месопотамии до сих пор обнаружено не было, и неизвестно, как они точно выглядели, то, можно предположить, что они могли быть похожи на старопетровский сосуд. Внешне он представляет собой обычный лепной сосуд с малозаметными ногтевыми вдавлениями на внутренней боковой поверхности. Долгое время никто из исследователей не предполагал, что сосуд мог использоваться, как водяные часы. Аналогия между месопотамскими водяными часами и старопетровским сосудом может в дальнейшем помочь исследователям в поисках, как фрагментов, так и целых экземпляров, древних месопотамских водяных часов.

Известные древнеегипетские водяные часы – карнакская клепсида – значительно превышали объем старопетровского сосуда (рис. 2). Так, рабочий объем карнакской клепсиды приблизительно равен 22 л. Считается, что она была предназначена для измерения 12 часов со скоростью 10 капель в секунду, при объеме капли 0.05 см^3 [62, 63].

Т.е. для измерения одного часа требовалось, примерно, 1.8 л, что более чем в три раза превышает объем, необходимый для аналогичного измерения и в месопотамских водяных часах, и в старопетровском сосуде. А, скорость наполнения такой клепсиды должна почти в десять раз превышать скорость наполнения месопотамских водяных часов.

Однако, известно, что в Древнем Египте существовала единица объема $hinu$ или hin (банка), равная 480 см^3 [64]. Вес пресной воды такого объема приблизительно равен по весу одной месопотамской $mina$. Возможно, $hinu$ и $mina$ имеют общее происхождение, и $hinu$ использовалась в водяных часах, аналогично $mina$, в более простых вариантах водяных часов, чем карнакская клепсида. Так, в написании египетского названия

единицы объема *hinu* (рис. 5а) и в написании часа (рис. 5b), в отличие от написания других единиц объема и времени, присутствует иероглиф, интерпретируемый, как сосуд (банка, горшок) Ноу (рис. 5с).



Рисунок 5. Египетские надписи, содержащие иероглиф сосуда Ноу: *a* – единица объема *hinu*⁹, *b* – час¹⁰, *c* – сосуд (банка/ваза) Ноу¹¹.

Считается, что именно сосуды Ноу часто изображаются на фресках или скульптурах фараонов, приносящих в них жертвенные дары, предположительно, вино или ароматические масла (рис. 6).

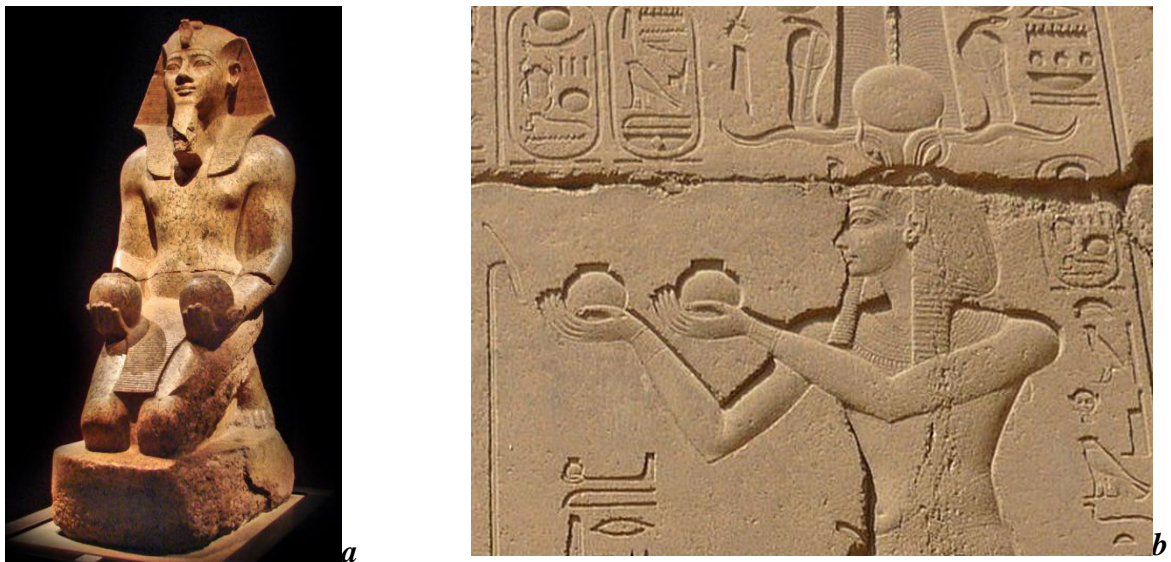


Рисунок 6. Изображение сосудов Ноу: *a* – статуя Аменхотепа II¹² (XV-XIV вв. до н.э.), *b* – фрагмент настенного рельефа с изображением Хоремхеба¹³ (XIV-XIII вв. до н.э.).

Размеры шаровидной части сосуда на всех изображениях примерно одинаковы и сравнимы с ладонью руки человека, поэтому знание объема даже одного сосуда могло бы позволить приблизительно оценить традиционный объем такого типа сосудов. Великолепно сохранившийся сосуд Ноу из египетского алебастра (оникса мраморного), принадлежавший фараону Унису (XXIV в. до н.э.), хранится в Лувре (рис. 7).

Опубликованные точные размеры этого сосуда¹⁴: высота – 17 см, максимальный диаметр – 13.2 см [65]. При толщине стенок ≈ 0.3 см, определяемому по видимому краю венчика, внутренний объем шаровидной части сосуда, вычисленный по формуле объема шара, равен ≈ 1047 см³. Этот объем примерно эквивалентен 2 *hinu* (960 см³). Отличие

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Egyptian_units_of_measurement#cite_note-CR-2

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Egyptian_units_of_measurement#cite_note-CR-2

¹¹ <http://hieroglyphes.pagesperso-orange.fr/Index%20W-b.html#W10>

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Amenhotep_II#/media/File:Statue_of_Amenhotep_II_from_the_Museo_Egizio.jpg

¹³ <https://en.wikipedia.org/wiki/Horemheb#/media/File:Karnak9.JPG>

¹⁴ <https://books.google.ru/books?id=mxAZpKoo-YwC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false>

составляет 9%. Объем старопетровского сосуда между крайними метками равен 1098.4 см³, что лишь на 5% превышает объем шаровидной части сосуда Ноу из Лувра. Таким образом, объем воды, заключенной в шаровидной части сосуда Ноу, соответствует объему воды, необходимому для измерения восьми часов времени в месопотамской традиции (и в случае старопетровского сосуда).

На сосуде из Лувра изображен бог Гор в виде сокола, который держит в лапах два знака Шен - символы долголетия и вечности. Основная идея всей совокупности изображений на поверхности сосуда, трактуется, как «вечное обновление жизни»¹⁵. Такая идея связана с представлением о конечности времени жизни и о его постоянном изменении - движении, что также может свидетельствовать в пользу версии об использовании сосудов Ноу для измерения времени (по крайней мере, на ранних этапах их появления).



Рисунок 7. Фотография сосуда Ноу из Лувра¹⁶.

Среди египетских иероглифов, содержащих изображение сосуда Ноу, присутствует иероглиф W123 (рис. 8). На нем сосуд Ноу перечеркнут горизонтальными линиями, делящими его на слои. Мы считаем, что этот иероглиф может отражать традицию использования сосуда Ноу, как метрического, в том числе, для измерения объемов воды в водяных часах. На иероглифе W124 изображены сразу три сосуда Ноу. Именно три сосуда воды, с объемом эквивалентным объему сосуда Ноу, необходимо для измерения длительности целых суток в месопотамской традиции (и в случае старопетровского сосуда). Иероглифы W25 и W101 изображают сосуды Ноу с ногами. Мы считаем, что в этих иероглифах может быть отражено движение времени и/или воды, измеряемое с помощью сосудов Ноу в случае использования их, как водяных часов.

¹⁵ <http://www.louvre.fr/en/oeuvre-notices/vase-name-king-wenis>

¹⁶ <http://www.louvre.fr/en/oeuvre-notices/vase-name-king-wenis>



Рисунок 8. Египетские иероглифы, содержащие изображение сосуда Ноу¹⁷. Представленная нумерация иероглифов основана на списке А.Х. Гардинера [66].

Известен также отрывок текста на поверхности фрагмента линейки или L-образных солнечных часов: «Час в локоть¹⁸. Банка из меди, заполнена водой ...» [67]. Банку из меди в этом фрагменте исследователи интерпретируют, как водяные часы [68]. Если банка из надписи на линейке действительно представляет собой сосуд, родственному сосуду Ноу, то эту надпись можно рассматривать, как подтверждение использования сосуда Ноу для измерения времени.

Если сосуды Ноу действительно использовались, как водяные часы, то жертвоприношение богам фараонами этих сосудов могло символизировать, в том числе, и дар своего жизненного времени – посвящение фараонами своей земной жизни богам. Такой дар, безусловно, являлся бы самым ценным из возможных и наиболее достойным титула фараона. Возможно, именно поэтому многие фараоны изображались приносящими сосуды Ноу в дар богам¹⁹.

Водяные часы в виде керамических банок - горшков, могли быть прототипами для сосудов Ноу, и первоначально использоваться в Древнем Египте на ранних этапах развития технологии измерения времени. В дальнейшем они могли применяться для бытовых измерений, т.к. были просты в изготовлении и не требовали дорогостоящих материалов. Такие «бытовые» водяные часы в виде лепных горшков с метками внутри вполне могли быть похожи на старопетровский сосуд.

Заключение

Таким образом, в процессе исследования была создана по опубликованной ранее археологической прорисовке геометрическая модель старопетровского сосуда с метками на внутренней поверхности. С помощью статистических методов получены результаты, свидетельствующие в пользу использования сосуда, как водяных часов (клепсидры). Предположение, что старопетровский сосуд является древними водяными часами, возникло еще при изучении обнаруженных в Северном Причерноморье древнейших аналемматических солнечных часов, принадлежащих той же эпохе и археологической культуре [69, 70]. Для разметки солнечных часов необходим был эталонный отсчет времени, который и мог быть осуществлен с помощью водяных часов, подобных старопетровскому сосуду. Для подтверждения гипотезы о водяных часах была проведена серия измерений водой объема старопетровского сосуда до каждой из меток на его боковой поверхности. Сравнение и анализ результатов расчетов и измерений

¹⁷ <http://hieroglyphes.pagesperso-orange.fr/Index%20W-b.html#W10>

¹⁸ локоть (cubit) – единица длины

¹⁹ <http://www.youtube.com/watch?v=gs8CzjZ3ANc>

старопетровского сосуда позволили считать гипотезу о водяных часах практически доказанной.

Как клепсида, старопетровский сосуд мог использоваться и для измерения времени в закрытых помещениях при проведении ритуалов, связанных с определенным временем суток, и для определения времени в ночные часы при астрономических наблюдениях.

Самым ранним свидетельством существования водяных часов на территории Европы является упоминание об использовании клепсидры Эмпедоклом в V в. до н.э. в Древней Греции (о. Сицилия) [71, 72]. Т.к. старопетровский сосуд из Центрального Донбасса датируется XV-XIV вв. до н.э., то на данный момент он является самой древней клепсидрой, обнаруженной на территории Европы.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность археологу Эльмире Ибрагимовой за помощь в переводе статьи на английский язык.

Литература

1. Клименко В.Ф., Усачук А.Н., Цымбал В.И. Курганные древности Центрального Донбасса Донецк: РИП "Лебедь", 1994. – С. 102, 107–108.
2. Клименко В.Ф., Цымбал В.И. О сосудах со знаками срубной общности эпохи поздней бронзы в Северо-Восточном Приазовье и Подонцовье // ДАС. Вып. 10. Донецк: изд-во ДонНУ, 2002. – С. 33.
3. Захарова Е.Ю. Сосуды со знаками срубной общности эпохи поздней бронзы. Воронеж: ЦЧКИ, 2000. – С. 89, 91.
4. Клименко В.Ф., Усачук А.Н., Цымбал В.И. Курганные древности Центрального Донбасса Донецк: РИП "Лебедь", 1994. – С. 102, 107–108.
5. Усачук А.Н. «45 лет моей жизни связано с археологией...» (о Викторе Федоровиче Клименко) // ДАЗ. – 2011. № 15. – Донецк, 2011. – С. 218.
6. Усачук А.Н. «45 лет моей жизни связано с археологией...» (о Викторе Федоровиче Клименко) // ДАЗ. – 2011. № 15. – Донецк, 2011. – С. 218.
7. Глушков И.Г. Керамика как археологический источник. – Новосибирск, 1996. – С. 55–56.
8. Усачук А.Н., Полидович Ю.Б. Уникальные изображения животных на орудиях гончарного производства эпохи поздней бронзы // Структурно-семиотические исследования в археологии. Т.3. – Донецк, 2006. – С. 249–252.
9. Усачук А.Н., Полидович Ю.Б. Уникальные изображения животных на орудиях гончарного производства эпохи поздней бронзы // Структурно-семиотические исследования в археологии. Т.3. – Донецк, 2006. – С. 251.
10. Усачук А.Н., Полидович Ю.Б. Уникальные изображения животных на орудиях гончарного производства эпохи поздней бронзы // Структурно-семиотические исследования в археологии. Т.3. – Донецк, 2006. – С. 257.
11. Подобед В.А., Усачук А.Н., Цимиданов В.В. Птицы в верованиях степных и лесостепных племен Евразии эпохи бронзы // Уфимский археологические вестник. Вып. 12. – Уфа, 2012. – С. 45.

12. Усачук А.Н., Горбов В.Н. Об изучении способов обработки керамики позднего бронзового века (постановка вопроса) // Проблемы истории и археологии Нижнего Поднестровья. Ч.II. Археология. – Белгород-Днестровский, 1990. – С. 107–108.
13. Пошивайло І. Феноменологія гончарства. Семіотико-етнологічні аспекти. – Опішне, 2000. – С. 157.
14. Пошивайло І. Феноменологія гончарства. Семіотико-етнологічні аспекти. – Опішне, 2000. – С. 157, 166, 172.
15. Берсенева Н. А., Куприянова Е. В., Берсенева А. Г. Следы детства: поиск детей в археологическом источнике и изучение керамических артефактов (эпоха бронзы Южного Зауралья) // Вестник НГУ. Серия: История, Филология. – 2014. – Т. 13. – Вып. 3: Археология и этнография. – С. 88–100.
16. Сайко Э.В. Техника и технология керамического производства Средней Азии в историческом развитии. – М., 1982. – С. 157.
17. Глушков И.Г. Керамика как археологический источник. – Новосибирск, 1996. – С. 82.
18. Мыльникова Л.Н., Чемякина М.А. Традиции и новации в гончарстве древних племен Барабы (по материалам поселенческого комплекса Омь-1). – Новосибирск, 2002. – С. 29.
19. Глушков И.Г. Керамика как археологический источник. – Новосибирск, 1996. – С. 82.
20. Глушков И.Г. Керамика как археологический источник. – Новосибирск, 1996. – С. 81–82.
21. Цетлин Ю.Б. Древняя керамика. Теория и методы историко-культурного подхода. М., 2012. – С. 119.
22. Беседин В.И. Гончарное производство // А.Д. Пряхин. Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Кн. вторая. – Воронеж, 1996. – С. 158–174.
23. Мыльникова Л.Н., Чемякина М.А. Традиции и новации в гончарстве древних племен Барабы (по материалам поселенческого комплекса Омь-1). – Новосибирск, 2002. – С. 35, 38.
24. Борисов В.А. Технологические особенности глиняной посуды поселения Березовая Лука // Ю.Ф. Кирюшин, А.М. Малолетко, А.А. Тишкин. Березовая Лука – поселение эпохи бронзы в Алейской степи. Т.І. – Барнаул, 2005. – С. 169.
25. Сайко Э.В. Техника и технология керамического производства Средней Азии в историческом развитии. – М., 1982. – С. 139 – 140.
26. Беседин В.И. Гончарное производство // А.Д. Пряхин. Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Кн. вторая. – Воронеж, 1996. – С. 171–172.
27. Усачук А.Н., Горбов В.Н. Технология изготовления керамики поселения Ляпичев хутор (по материалам раскопок М.И. Артамонова и М.П. Грязнова) // VII исторические чтения памяти Михаила Петровича Грязнова. – Омск, 2008. – С. 76.
28. Водолажская Л.Н., Водолажский Д.И., Ильюков Л.С. Методика компьютерной фиксации графического материала археологических раскопок на примере

- Каратаевской крепости // Информационный бюллетень Ассоциации «История и Компьютер». М., 2003. № 31. С. 248–258.
29. Vodolazhskaya L. Reconstruction of Heron's formulas for calculating the volume of vessels, in Posluschny, Axel; Lambers, Karsten; Herzog, Imela, Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, April 2–6, 2007, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, Bd. 10, Berlin: Habelt; Propylaeum-DOC, 2008. – PP. 1–7.
30. Водолажская Л.Н., Пономаренко В.О. Химический состав керамики светлоглиняных узкогорлых амфор варианта D типа C IV из Танаиса // Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. Великий Новгород – Старая Русса. Т. I СПб, М., Великий Новгород, 2011. – С. 307–308.
31. Пономаренко В.О., Сарычев Д.А., Водолажская Л.Н. Применение рентгенофлуоресцентного анализа для исследования химического состава амфорной керамики // Вестник Южного научного центра РАН. 2012. № 8 (1). – С. 9–17.
32. Водолажская Л.Н., Невский М.Ю. Археoaстрономические исследования святилища Каратаево-Ливенцовского комплекса // Методика исследования культовых комплексов. Барнаул: ООО «Пять плюс», 2012. – С. 5–13.
33. Vodolazhskaya L.N., Larenok V.A. Archaeoastronomical analysis of Levinsadovka sacrificial complex (South Russia) // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 5–25.
34. Vodolazhskaya L.N., Nevsky M.Yu. Russian meteorite of the Bronze Age (rock record) // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 18–32.
35. Vodolazhskaya L.N. Reconstruction of ancient Egyptian sundials // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 1–18.
36. Клименко В.Ф., Усачук А.Н., Цымбал В.И. Курганные древности Центрального Донбасса Донецк: РИП "Лебедь", 1994. – С. 102.
37. Мартынов А.И., Шер Я.А. Методы археологического исследования. М.: Высшая школа, 2002. – С. 158.
38. Evans J. The History and Practice of Ancient Astronomy. Oxford: Oxford University Press. 1998. – P. 15.
39. Feldhaus F.M. Die Technik der Vorzeit der geschichtlichen Zeit und der Naturvolker. Miinchen, 1965. – P. 1235.
40. Куртик Г.Е. Астрономия Древнего Египта // Историко-астрономические исследования. Выпуск XXII / ответственный редактор А.А. Гурштейн. М., 1990. – С. 234.
41. Шолпо Н. А. Два фрагмента египетских водяных часов // Труды Отдела Востока Государственного Эрмитажа. Т. 1. Л., 1939. – С. 153–170.
42. Neugebauer, O.; Parker, R.A. Egyptian Astronomical Texts: I. The Early Decans; II. The Ramesside Star Clocks; III. Decans, Planets, Constellations and Zodiacs (Text); III. Decans Planets, Constellations and Zodiacs (Plates). Hardcover. 1960. PP. 12–14, 42–44, 60–61.
43. Borchardt L. Die altägyptische Zeitmessung. Berlin, 1920. – PP. 8–10.
44. Pogo A. Egyptian Water Clocks // *Isis*. V. 25. 1936. – PP. 403–425.

45. Sloley R. Ancient Clepsydrae // *Ancient Egypt*. Pt. 2. 192. – PP. 43–50.
46. Sloley R. Primitive Methods of Measuring Time // *The Journal of Egyptian Archaeology*. V. 17. 1931. PP. 166-178.
47. Petrie W. M. F. *The Royal Tombs of the First Dynasty*. V. 1. London, Boston. 1900. – Pl. 1.
48. Куртик Г.Е. *Астрономия Древнего Египта // Историко-астрономические исследования*. Выпуск XXII / ответственный редактор А.А. Гурштейн, М., 1990. – С. 234.
49. Cotterell, B.; Kamminga, J. *Mechanics of pre-industrial technology: An introduction to the mechanics of ancient and traditional material culture*. Cambridge a.o., 1990. – P. 59.
50. Куртик Г.Е. *Астрономия Древнего Египта // Историко-астрономические исследования*. Выпуск XXII / ответственный редактор А.А. Гурштейн, М., 1990. – С. 235.
51. Pogo A. Egyptian Water Clocks // *Isis*. V. 25. 1936. – PP. 403–425.
52. Powell R. *The pharmacopoeia of the Royal College of Physicians of London*, M. DCCC. IX. Longman, Hurst, Rees, and Orme. 1809. – PP. 6–7.
53. al-Biruni *The chronology of ancient nations: an English version of the Arabic text of the Athâr-ul-Bâkiya of Albîrûnî, or "Vestiges of the Past"*. 1879. – PP. 147–149.
54. Neugebauer O. *Studies in Ancient Astronomy*. VIII. The Water Clock in Babylonian Astronomy // *Isis*. 37 (1/2). 1947. – PP. 37–43.
55. Bezold C., Boll F., Kopff A. *Zenit- und Aequatorialgestirne am babylonischen Fixsternhimmel*. Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wissenschaften, Philos.-hist. Klasse, № 11, 1913. – P. 54.
56. Weidner E.F. *Alter und Bedeutung der babylonischen Astronomie und Astrallehre*. Leipzig: J.C. Hinrichs, 1914. – P. 66.
57. Weidner E.F. *Handbuch der babylonischen Astronomie*. I. Leipzig, 1915. – P. 43.
58. Powell M.A. *Metrology and Mathematics in Ancient Mesopotamia*. In Sasson, Jack M. *Civilizations of the Ancient Near East III*. New York, NY: Charles Scribner's Sons, 1995. – P. 1955.
59. *Краткий справочник физико-химических величин*. Л.: Химия, 1974. – С. 105.
60. Hunger D., Pingree D. *MUL.APIN. An Astronomical Compendium in Cuneiform*, AfO Beiheft 24, Horn, 1989. – PP. 163–164.
61. Куртик Г.Е. *Измерение времени и календари в Древней Месопотамии (шумерский период) // Вопросы истории естествознания и техники*. № 4. 2013. С. – С. 22–40.
62. Sloley R.W. *Ancient Clepsydrae*, *Ancient Egypt* J(2), 1924. – PP. 43–50.
63. Turner A.J. *The Time Museum*. Vol I: Time Measuring Instruments; Part 3: Water-clocks, Sand-glasses, Fire-clocks. Rockford, IL: The Time Museum, 1884. – P. 46.
64. Clagett M. *Ancient Egyptian Science: Ancient Egyptian mathematics*. American Philosophical Society, 1999. – P. 14.
65. Allen J.P. *Egyptian Art in the Age of the Pyramids*. Metropolitan Museum of Art. New York, 1999. – PP. 361–362.
66. Gardiner A.H. *Egyptian Grammar: being an Introduction to the Study of Hieroglyphs*. Oxford: Clarendon Press, 1927. – P. 595.

67. Scott N.E. Egyptian Cubit Rods. *Bulletin of the Metropolitan Museum of Art*, n.s., I, 1942. – PP. 70–75.
68. Clagett M. *Ancient Egyptian Science: Ancient Egyptian mathematics*. American Philosophical Society, 1999. – P. 11.
69. Vodolazhskaya L.N. Analemmatic and horizontal sundials of the Bronze Age (Northern Black Sea Coast) // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 68–88.
70. Vodolazhskaya L.N., Larenok P.A., Nevsky M.Yu. Ancient astronomical instrument from Srubna burial of kurgan field Tavriya-1 (Northern Black Sea Coast) // *Archaeoastronomy and Ancient Technologies*. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 31–53.
71. Пипуныров В. Н. *История часов с древнейших времен до наших дней*. М.: Наука, 1982. – С. 40.
72. Furley D. J. Empedocles and the Clepsydra // *The Journal of Hellenic Studies*. Vol. 77. Issue 1, 1957. – PP. 31–34.