

С.Житомирский

АНТИЧНАЯ АСТРОНОМИЯ
И
ОРФИЗМ



Москва
«Янус-К»
2001

УДК 52(09)
ББК 22.6
Ж 11

С.Житомирский. Античная астрономия и орфизм. —М.: Янус-К, 2001, 164 с., илл.

ISBN 5-8037-0072-X

Роль орфизма в формировании античной астрономии еще в 60-х годах отметили И.Н.Веселовский и К.Хасапис. Автор развивает эту тему, опираясь на исследования М.Л.Уеста, А.В.Лебедева, А.А.Гурштейна, А.Роя. Прослеживается сложная история влияния мифа на космологические построения Анаксимандра, Пифагора, Платона и частичное преодоление мифологической традиции учеными начала александрийской эпохи.

В этом контексте предлагается новый подход к системам мира Анаксимандра и пифагорейцев, излагаются работы по датировке материала поэмы Арата «Явления» и реконструкции по сохранившимся данным системы мира Архимеда. Приводится также опыт реконструкции его механического небесного глобуса.

© С.Житомирский, 2001

ISBN 5-8037-0072-X

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Часть 1. Античная астрономия и орфизм	6
Глава 1. Астрономия орфиков	6
Глава 2. Корни «Явлений» Арата	23
Глава 3. Мир первого философа природы	46
Глава 4. Космос пифагорейцев	61
Глава 5. Гармония сфер	77
Глава 6. В плену традиции	86
Часть 2. Преодоление мифа	97
Глава 7. Наблюдения и инструменты	97
Глава 8. Новые гипотезы	106
Глава 9. Система мира Архимеда	121
Глава 10. Архимедов глобус	145
Послесловие	160
Список литературы	162



Посвящается Ивану Николаевичу Веселовскому,
профессору теоретической механики и
выдающемуся историку науки, подарившему
русским читателям труды Аристарха, Архимеда,
Птолемея, Коперника, первому, кто отметил
влияние орфической мифологии на развитие
античной астрономии.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Почему именно античная мысль впервые в истории пришла к представлениям о Вселенной, которые смогли стать основой астрономической науки? Здесь много причин, связанных с общим фоном зарождения греческой философии природы, но немалую роль в этом сыграла и мифология. Речь идет об индо-европейских мифах, которые содержал орфизм – одно из заметных религиозных течений древней Греции. В орфических взглядах на мир имелись три великие идеи, которые и легли в основу астрономической науки. Первая – вера в гармоничное устройство Вселенной, ее упорядоченность (в том числе математическую); вторая – представление о твердой, вращающейся небесной сфере, охватывающей Землю, и идея центральной симметрии мира.

Последние мнения очевидно связаны с мифом о Мировом яйце, который есть не только у орфиков, но и в близком индийском мифе, где из Яйца (Брахманды) рождается Брахма, и в иранском, в котором Яйцо, содержащее мир, создает Ормазд. Представление о небесной сфере как о твердой металлической скорлупе, несущей звезды, оказалось прекрасной моделью для построения сферической астрономии.

Эти идеи кажутся очевидными, но более древние цивилизации региона – египетская и месопотамская, при всех их успехах в области астрономии не поднялись до геометрического осмысления Вселенной. Египтяне считали небо женщиной или коровой Нут, покоящейся над Землей на четырех опорах. Солнце днем плыло на барке по небесному Нилу, а ночью возвращалось к месту восхода по подземному. Вавилоняне считали небо многослойным каменным куполом, внутри которого имелась полость для ночного прохода Солнца от ворот Запада к воротам Востока. Вряд ли на основе таких гипотез астрономы этих стран могли иметь ясное представление о характере небесных движений, хотя умели их предсказывать. Но, как показали исследования текста поэмы Арата «Явления», еще рубеже 3–2 тысячелетий до н.э., во времена начала Среднего царства Египта и завоевания Шумера семитскими племенами, вероятно на основе мифа о Мировом яйце, неизвестные нам жрецы-астрономы уже знали схему движений

светил, согласную с современными построениями сферической астрономии (см. главу 2). Можно предположить, что эти древние знания через полтора тысячелетия и пришли в Грецию с религией, которая там приняла форму орфизма.

На роль орфизма в формировании важнейших понятий античной астрономии еще в 1960-х годах обратили внимание Иван Николаевич Веселовский и Константин Хасапис. Восточные влияния в зарождавшейся античной философии природы рассматривали М.Л. Уест, Андрей Валентинович Лебедев и другие авторы. Эта проблема составляет основное содержание книги, где с данной точки зрения рассматриваются взгляды Анаксимандра, Пифагора, Филолая, Платона, Евдокса, Аристотеля. Прослеживается судьба орфических представлений в работах астрономов эллинистической эпохи, среди которых особо выделен Архимед, который, как показано, был выдающимся астрономом своей эпохи.

При этом вне рассмотрения оказались достижения ряда философов, выдвигавших идеи единства вещества Вселенной и атомистического строения материи – Анаксагора, Эмпедокла, Демокрита, Эпикура. Но мыслители этого ряда не придавали большого значения математическим методам. Они довольствовались грубыми качественными объяснениями небесных движений. Случилось так, что математика и примыкавшие к ней разделы астрономии в ранний период разрабатывались именно мистически настроенными учеными, тяготевшими к Пифагору и Платону.

Целенаправленную работу над проблемой роли орфизма в истории астрономии я начал в 1990 г. Часть ее сюжетов опубликованы в виде отдельных статей, большей частью в сборниках «Историко-астрономические исследования», издающихся Институтом истории естествознания и техники (ИИЕТ) РАН. Вместе они публикуются впервые, и, связанные общей концепцией, составляют целое, которое больше суммы составляющих его частей.

Предварительно основные темы настоящей книги, докладывались и обсуждались на Общемосковском семинаре по истории астрономии при ИИЕТ РАН. Выражаю глубокую благодарность за плодотворную критику участникам семинара, в частности, Григорию Моисеевичу Идлису и Мириам Михайловне Рожанской и его руководителям – Александру Ароновичу Гурштейну и Геннадию Евсеевичу Куртику. Особой благодарности заслуживают Владимир Владимирович Файер, без филологической помощи которого не могла быть написана гл.1, посвященная орфизму, и профессор МГУ Анатолий Александрович Россиус, оказавший помощь в переводе и толковании сложных мест орфических текстов.

Искренне благодарен своим родным и друзьям, без финансовой помощи которых это издание бы не состоялось.



Часть 1

Античная астрономия и орфизм

Глава 1 АСТРОНОМИЯ ОРФИКОВ

Орфизм

Орфизм – религиозное течение, получившее широкое распространение в Древней Греции, оказал заметное влияние на эллинскую культуру. Оно сложилось около V в. до н.э., но корни орфизма уходят в глубокую древность. Об этом говорят и теогонические мифы, более сложные, чем традиционные (гесиодовские), и наличие в орфизме «маркеров», характерных для индо-иранской системы мифов. Это прежде всего миф о Мировом яйце и вера в переселение душ.

Естественно, на новой почве первоначальное древнее учение, частично сохранив преемственность идей, срослось с традиционной греческой символикой. Исследователь орфических гимнов М.И.Новосадский отмечает: «Орфики сохранили в своем учении большинство тех божеств, которых почитал весь греческий народ. Связь с общепринятыми верованиями обеспечило орфизму широкое распространение. Если бы орфики начали проповедовать учение совершенно чуждое религиозным верованиям древних греков, то оно, не найдя подготовленной почвы, не могло бы пустить глубоких корней» [Новосадский, 1900, с.53].

Пионерами астрономического изучения памятников орфической литературы стали наш известный историк науки профессор механики МВТУ Иван Николаевич Веселовский и профессор математики Афинского университета Константин Хасапис. И.Н.Веселовский (1892 – 1977) еще в 1959 г. в примечании к переведенной им книге Ван-дер-Вардена «Пробуждающаяся наука» высказал мысль о связи представлений о шарообразности Земли

с орфическим мифом о Мировом яйце [Ван-дер-Варден, 1959, с.140, 141]. К.Хасапис в 1967 г. издал книгу: «Греческая астрономия 2-го тысячелетия до н.э. по орфическим гимнам». [Chassapis, 1967]. Книга, написанная на новогреческом, языке, вышла малым тиражом и в настоящее время стала библиографической редкостью. И.Н.Веселовский отозвался на нее статьей «Астрономия орфиков», которая оказалась последней работой ученого. Иван Николаевич передал мне эту статью с просьбой опубликовать, но это удалось сделать только через много лет после его кончины [Веселовский, 1982].

И.Н.Веселовский признал ценность исследования Хасаписа, но отверг его датировку гимнов. Хасапис датировал гимны по упоминаниям «Быка» и «Льва», которые считал символами зодиакальных созвездий, где в эпоху создания гимнов Солнце находилось в моменты весеннего равноденствия и летнего солнцестояния. И.Н.Веселовский, ссылаясь на текст «Муль-Апин», указал на более позднее появление практики деления эклиптики на 12 «знаков».

В ноябре 1990 г. ученица К.Хасаписа Мария Папафансио (профессор математики того же университета) на Общемосковском историко-астрономическом семинаре прочла (по-русски) доклад с изложением работы учителя и пробудила интерес к проблеме. К этому времени А.А.Гурштейн уже выступил с гипотезой поэтапного выделения зодиакальных созвездий, и его идеи говорили в пользу датировок К.Хасаписа [Гурштейн, 1992]. Исследования о влиянии орфических представлений на Анаксимандра и Пифагора [Лебедев, 1978; Житомирский, 1999], позволяют по-новому взглянуть на работу К.Хасаписа. Автор горячо благодарит М.Папафансио, которая прислала ему копию книги ученого.

Источники

Орфизм не был единым канонизированным учением, в орфических текстах есть разные варианты мифов. Основными источниками, содержащими сведения о мировоззрении орфиков, служат сохранившиеся фрагменты теогоний и орфические гимны. Наука располагает фрагментами четырех теогоний, сохраненных неоплатониками. Наиболее интересны так называемая «Рапсодическая теогония» («Священное сказание в 24 рапсодиях») и «Теогония по Иерониму и Гелланику». [Лебедев, 1989, с.46 – 65]*.

Автором «Рапсодической теогонии» называют Керкопа-пифагорейца и фессалийца Теогнета. Если признать ее автором пифагорейца,

* Далее фрагменты ранних греческих философов цитируются по этому изданию [Лебедев, 1989], перевод А.В.Лебедева. Ссылки на конкретные фрагменты даются согласно общепринятым обозначениям, восходящим к труду немецкого филолога Г.Дильса (1848 – 1922) «Фрагменты досократиков», дополненного его учеником В.Кранцем. Буквы «ДК» являются сокращением фамилий Дильс-Кранц, первое число – порядковый номер, под которым помещены фрагменты текстов данного философа, буква «А» обозначает свидетельства, «В» – собственно фрагменты; обозначение включает порядковый номер фрагмента. Больше половины орфических фрагментов сохранены знаменитым философом-неоплатоником Проклом (412–485).

появляется возможность приблизительной датировки памятника, поскольку в нем Земля считается плоской. Это означает, что текст создан до вероятного признания пифагорейцами шарообразности Земли, то есть во второй половине VI в. до н.э. (см. гл.4). Один из авторов второй теогонии, Гелланик из Митилены (V в. до н.э.), известен в качестве собирателя и систематизатора древних мифов; ее пересказчик Дамаский замечает об авторах памятника (Иерониме и Гелланике) «если это только не одно и то же лицо» [DK1 B,IV, 54]. Наиболее интересные для нашей темы сведения приводит Апион [DK1 B,IV,55]. По теогониям можно судить о космогонических представлениях орфиков, но особенности мироустройства лучше представлены в гимнах.

Дошедший до нас сборник 87 ритуальных орфических гимнов датируется II в.н.э. и несет стилистический отпечаток одного автора, или, скорее, редактора, так как религиозный характер текста подразумевает следование древним традициям [Тахо-Годи, 1980, с.26 – 35]*. Гимны написаны гексаметром, они невелики (самый длинный имеет 30 строк) и представляют собой призывы богов молящимися и просьбы к ним. Сведения об астрономических взглядах орфиков, выраженные в символической форме, имеются в гимнах Урану, Гее, Звездам, и ряде других. Ритуальное назначение гимнов подтверждается краткими указаниями о составах для воскурений, сопровождавших их исполнение, например, гимн Урану должен был сопровождаться сжиганием фимиама и ладана, а Эфиру – фимиама и шафрана.

Орфические теокосмогонии

Космогонические мифы орфиков имеют много общего с аналогичными древнеиранскими и индийскими, связанными с образами Мирового яйца и противостоянием сил «света» и «тьмы» в борьбе за власть над миром.

Зороастрийцы начинали свою космогонию с Беспредельного Времени (Зервана акарна). Согласно «Рапсодической теогонии» началом всего также было Нестареющее беспредельное Время (Хронос агерос апейрос):

«Сей нестареющий Хронос, нетленномудрый, родил
Эфир и бездну великую, чудовищную, семя и овамо.
И не было снизу ни границы, ни дна, ни основания...
Затем создал великий Хронос в божественном Эфире
Серебряное яйцо;... по безграничному кругу
Оно носилось, не зная покоя...»

[DK1 B,III, 66, 70, 71]

Здесь Время сначала творит Эфир – род огня (от греческого *aif* – жечь), и в нем создает Мировое яйцо. Позже выясняется, что еще до создания Яйца, появилась священная Ночь. Она упоминается в качестве свидетельницы рождения из него орфического бога-демиурга Фанеса, то есть возникла до него.

* Далее орфические гимны цитируются по этому изданию [Тахо-Годи, 1980]. Перевод О.В.Смыка.

Немного иначе миф изложен в «Теогонии по Иерониму и Гелланику». Апион толкует его аллегорически и стремится дать сюжету «физические» объяснения. В качестве начал он упоминает Хроноса (время) и Рею: «текущая жидкая субстанция», которая «породила, словно яйцо, объемлющее все вещи шарообразное небо» [DK1 B,IV, 55]. Согласно его рассказу оно появилось как бы само собой:

«Яйцо это произошло из беспредельной материи и возникло так. ...материя была живой, и вся беспредельная «пучина вечно текла», беспорядочно неслась, вновь и вновь выливаясь в мириады... несовершенных соединений и разрушала их своей беспорядочностью...

И вот однажды случилось так, что беспредельное море само... потекло упорядочено от себя к себе, подобно водовороту, и смешало вещества таким образом, что самая штатательная часть всего... потекла в центре Вселенной... и под действием несущего все водоворота удалась в глубину...

Подобно тому как в воде часто сами собой возникают пузыри, так со всех сторон скрепился шарообразный свод. Затем, выношенный в самом себе он был подхвачен божественной пневмой, понесся вверх и вынырнул на свет...»

[DK1 B,IV, 55].

Здесь можно видеть отголосок индийского мифа о Мировом яйце, плававшем в первобытных водах. Другой намек на этот древний миф – представление об окружающем Землю Океане, которое имеется и в орфической и в традиционной греческой мифологиях. Упоминание о том, что Яйцо «понеслось вверх и вынырнуло на свет», демонстрирует веру орфиков в существование в мире особых направлений «верх-низ».

В обеих теогониях из Яйца появляется творец нашего мира сияющий бог, которого называют Фанесом, Эрикпеем и Протогоном. Последнее прозвание означает «Перворожденный» и совпадает с индийским Параджапати, одним из имен Брахмы, который также вышел из Мирового яйца. В «Теогонии по Иерониму и Гелланику» Фанес творит мир и: «...садится на вершине неба, словно на на престол, и сокровенно освещает беспредельную вечность» [DK1 B,IV, 56]. В «Рапсодической», как говорилось, при рождении Фанеса присутствует Ночь:

«Перворожденного никто не видел очами,
Разве лишь одна священная Ночь, а все прочие
Дивились, созерцая невероятный свет в эфире:
Так отswerкивало от тела бессмертного Фанеса».

[DK1 B,III, 86]

Миф «Рапсодической теогонии» ближе к иранскому, где Время (Зерван), рождает светлого Ормазда и темного Ахримана. В иранском варианте мифа, связанного с Мировым яйцом, его творит не Хронос, а Ормазд. В пехлевийской книге «Бундахишн» (Мироздание) говорится:

«Сперва Ормазд создал небо светлое и ясное с далеко простирающимися концами, в форме яйца из сверкающего металла... Вершиной оно достигало Бесконечного света, а все творение было создано внутри неба» [Дрезден, 1977 с.342].

Ахриман, олицетворение зла, обманным путем на время получает власть над миром, светлый Ормазд борется с темным Ахриманом во имя добра. У орфиков прямой дуализм отсутствует, но сходство с иранским мифом сохранилось. Место Ормазда занимает Фанес, а Ахримана – Ночь. То есть в орфизме также присутствует противопоставление этих начал. Причем, по сообщению Прокла: «Фанес добровольно передает царский скипетр Ночи» [DK1 В,III, 101].

Правда, с этим божеством далеко не все ясно. В одном из стихотворных фрагментов теогонии говорится, что «Фанес творит три Ночи и соединяется со средней» [DK1 В,III, 98] и «Сие сотворил отец в туманной пещере» [DK1 В,III, 97]. Трудно сказать, имеем ли мы дело с разными вариантами мифа или с одним мифом, в котором участвуют четыре «Ночи», одна из которых рождает Гею, а другая (священная) владеет миром между царствованиями Фанеса и Урана. Появление первоначальных греческих богов знаменует частичное слияние орфической теогонии с традиционной.

Фанес, чисто орфическое божество, повидимому был особо почитаем. В собрании гимнов Фанесу-Протогону посвящен особый призыв. Он невелик и приводится полностью:

ПРОТОГОНУ (фимнам, смирна)

Я Протогона двусущего кличу, бродягу эфира,
Что из яйца появился, красуясь золотыми крылами,
С ревом бычачьим, начало и корень блаженных и смертных,
Семя честное, священными жертвами чтимое часто,
Эрикпейон, таинственный, неизречимый, блестящий,
С громом и свистом летящий, чей взор разгоняет потемки
Всюду, куда повесут его быстрые крылья по миру.
Ярко блистающий, свет приносящий – отсюда Фанетом
Я величаю его, владыкой Приапом, Антавгом.
Семенем полный, блаженный, премудрый, явись же, ликуя,
К орговофантам на таинство их, что и ярко и свято! [гимн 6]

Обожествление космоса

В «Рапсодической теогонии» приводится миф о «пересоздании» мира Зевсом. Получив власть, Зевс приходит к Ночи с вопросом:

«Матушка, высочайшая из богов, бессмертная Ночь, как –
скажи мне это –

Как мне следует, сохраняя неустранимость, устроить власть над
бессмертными?...

...На вопрос Зевса Ночь отвечает:...

– Охвати все вокруг неизречно-огромным Эфиром, в середине его –
Небо, в нем – землю безграничную, в нем – море,

В нем звезды, коими увенчано небо»

[DK1 В,III, 164 – 165].

Видимо, с этим же сюжетом связан и следующий фрагмент:

...Но когда ты протянешь по всему миру крепкие оковы,
Подвесив с неба золотую цепь...»

[DK1 В,III, 166].

Возможно, именно эту цепь, на которой подвешено «Мировое веретено» упоминает Платон в мифе об Эре, который рассмотрен в гл.6.

Зевс исполняет совет Ночи:

«Перворожденного мощь вместив тогда Эрикпея,
Тело всего имел он во чреве своем во глубоком.
К членам своим примешал он божию силу и храбрость,
Вот почему все вещи внутри Зевса вновь сотворились.
И просторы эфира и неба блестящие выси,
И беспредельного моря, земли всеславной основа,
И Океан великий, и Тартар земли преисподний,
Также и реки и Поит безграничный и все остальное,
Все бессмертные боги блаженные, да и богини,
Все, что было тогда, и все, чему быть предстояло,
Стало одно, во чреве Зевеса слилось воедино»

[DK1 В,III,167].

Эту драматическую картину завершает гимн Зевсу, где в частности говорится:

«Зевс владыка и царь, Зевс – всех прародитель единый.
Стала единая власть и бог-мироправец великий,
Царское тело одно, а в нем все это кружится:
Огонь и вода, земля и эфир и ночь со денницей...»

[DK1 В,III, 168, 5 – 9].

Таким образом «Рапсодическая теогония» приводит религию орфиков к монотеизму или пантеизму – появляется идея бога тождественного с миром, то есть происходит обожествление Вселенной. Можно заметить, что этот миф, видимо, спас от забвения и более древние орфические предания. Две другие современные ему монотеистические религии региона – иудаизм и культ Ахурамазды, избавились от большинства древних «языческих» мифов.

Образ мира

В цитированном выше фрагменте «Теогонии по Иерониму и Гелланику» Апион рассказывает о «естественном» формировании мира внутри Яйца. Неясно, насколько он в этом смысле близок к первоисточнику, но его сообщение позволяет достаточно полно судить о мнении орфиков

относительно мироустройства. Апион пишет, что после того как Фанес придал небосводу «гармонию и упорядоченность»:

«...Оставшаяся внутри небосвода плодоносная материя...[покоилась], пока... теплота не разделила субстанции... Сначала ее нижняя часть... удалилась вниз; вследствие веса,... а также большого количества... вещества ее назвали Плутоном (обильным) и объявили царем Аида и мертвых... Воду, которая стеклась вслед... и всплыла над первой субстанцией назвали Посидоном. А оставшийся третий, самый чистый... и самый горный [элемент] – огонь – назвали Зевсом... стремящаяся вверх огненная субстанция взлетела в воздух,... который называют Герой...»

[DK1 B,IV, 56].

Эти же мотивы отражены в гимнах. В гимне Плутону читаем:

«Треть мироздания удел твой – земля, всдерживающая почва,
Недра бессмертных богов, подпора крепчайшая смертных.
Ты свой трон утвердил среди области вечного мрака,
Средь необъятных просторов лишнего воздуха ада».

[гимн 18; 6 – 9]

Другая треть мира, как следует из гимна Посейдону, принадлежит воде:

«Ты, обитатель глубин сокровенных глубокого моря,...
О, колебатель земли, что, вздымая могучие волны,
Гоняешь четверку коней в колеснице, о ты, дивноокий,...
Мира треть получил ты в удел – глубокое море».

[гимн 17; 3,5 – 6,8]

Оставшаяся «треть», очевидно поделена между Зевсом и Герой, хотя в гимнах об этом не упоминается. Можно думать, что здесь «треть» мира подразумевает не третью часть внутреннего пространства Яйца, а обозначает значение подчиненной богу области. Повидимому Гера (воздух) не имеет власти, но занимает место, так что фактически мир разделяется между четырьмя основными стихиями. Он представляет собой сферу, поделенную на горизонтальные «слои». Верхнюю ее часть занимают Огонь и Воздух (Зевс и Гера), а нижнюю Вода и Земля (Посейдон и Плутон). Упоминания о расслоении вещества «вследствие веса» и о «земном круге» подтверждают представления орфиков о «Вселенской вертикали». Ее наличие демонстрирует весь опыт жизни, она есть во всех ранних системах мира, как мифологических, так и предлагавшихся философами до Пифагора. Это представление естественно приводит к моделям Земли с плоской поверхностью.

Итак, в «Теогонии по Иерониму и Гелланику» собственно Земля представляет собой полушарие, заполняющее нижнюю часть Мировой сферы, причем земная поверхность видимо делит ее пополам. Это расходится с убеждением Гомера и Гесиода о существовании под Землей пустоты – Тартара. Однако, поверхность Земли, как и в традиционных представлениях остается диском, окруженным водой. Это касается и «Рапсодической

теогонии», где упомянут: «...Круг неутомимого прекраснотекущего Океана, который, обвившись вокруг Земли, объемлет ее водоворотами» [DK1 B,III, 115], и гимна Океану: «Круг ты земной омываешь, собою его ограничив» [гимн 83,3].

Ясно выражена и идея Центра Вселенной, связанная с образом Матери богов (возможно, это Священная Ночь «Рапсодической теогонии»). Гимн называет ее и владычицей и родительницей богов. В руках богини Небесная ось, которую символизирует ее скипетр. В гимне сказано:

«...о ты, скипетродержщица оси небесной!
Трон твой среди мироздания, великая, – вот и владеешь
Всею землей, и смертных даришь ты благим пропитаньем,
Ты породила на свет и богов, и род человеческий...»

[гимн 27; 4 – 7]

Мировая ось упоминается и в гимне Аполлону, который будет рассмотрен особо. Таким образом теогонии и гимны рисуют сферический мир с ойкуменой, находящейся в середине плоской поверхности земного круга. Землю обнимает небесная сфера, вечно вращающаяся вокруг нерушимой оси. Не исключено, что за пределами сферы простирается «беспредельное море», породившее Мировое яйцо. Возможный образ мира согласно «Теогонии по Иерониму и Гелланику» показан на рис.1. «Рапсодическая теогония», почти не содержит подробностей мироустройства. Упоминается Океан, окружающий Землю, в качестве «основы земли» названо море, упомянут Тартар, но трудно сказать, что конкретно подразумевается под этим словом [DK1 B,III, 167].

Итак, основные черты орфической картины мира это – вращающаяся около мировой оси небесная сфера, которая охватывает «Земной круг», окруженный кольцевым океаном. Повидимому плоскость земной поверхности делит сферу по горизонтали на две равные части. Представления орфиков о мире во многом совпадают с теми, которые можно вывести из анализа текста поэмы Арата, приведенном в гл.2. Это позволяет предполагать связь источников поэмы и орфических текстов и говорит о древности корней орфизма.

Фрагмент 94 «Рапсодической теогонии»

Описанной в «Теогонии по Иерониму и Гелланику» картине как будто противоречат сохраненные Проклом четыре строки «Рапсодической теогонии», которые можно истолковать в пользу представлений о шарообразности Земли:

«Он (Фанес) назначил человекам
Обитать отдельно от бессмертных, в области, где срединная ось
Солнца поворачивается, наклоняясь; [там] не слишком
Холодно над головой и не слишком жарко, а средне»

[DK1 B,III, 94].

Рассмотрим возможные значения «астрономических терминов» фрагмента. Что может означать выражение: «срединная ось Солнца поворачивается, наклоняясь»? Поскольку «ось» принадлежит «Солнцу», то видимо к нему можно отнести и положения, приписываемые этой «оси». Тогда речь идет о месте светила, где оно «поворачивается, наклоняясь (склоняясь)», то есть о «солнцевороте», где Солнце начинает опускаться, – летнем солнцестоянии. При таком толковании здесь «срединная ось Солнца», должна обозначать полуденную высоту светила в день летнего стояния.

Эта величина прямо зависит от широты местности. Упоминания в связи с высотой Солнца «области, где не слишком холодно и не слишком жарко, а средне», определенно показывает, что авторам источника теогонии было известно деление Земли на климатические зоны, и говорит об их достаточно широком географическом кругозоре. На первый взгляд такие знания должны быть обязательно связаны с мнением о шарообразности Земли. С другой стороны такое толкование в корне противоречит другим данным орфических теогоний: понятиям о существовании во Вселенной выделенного направления «верх-низ», окружающего Землю Океана и образованию мира путем «расслоения элементов».

Оказывается, есть возможность примирить рассмотренный текст с картиной мира, нарисованной в «Теогонии по Иерониму и Гелланику». Мы привыкли считать небесную сферу отнесенной в бесконечность, но вполне вероятно, что в древности она считалась вполне соизмеримой с диаметром «земного круга». Например, Гесиод, в своей «Теогонии» определял высоту неба в 9 суток падения наковальни:

«Если бы медную взяв наковальню, метнуть ее с неба,
В девять дней и ночей до земли бы она долетела;»

(строки 722 – 723). [Вересаев, 1962, с.192].

Приняв скорость падения наковальни равной 100 км/час, получим, что она за сутки пролетит 2400 км. Тогда радиус неба составит всего 21600 км. Можно думать, что подобные расстояния представлялись в древности чрезвычайно большими, во всяком случае способными вместить Земной круг.

Если считать небо достаточно близким, то и на плоской Земле движение на юг приведет к увеличению высоты Солнца и приближению к нему. Напротив, на севере высота Солнца уменьшится, а расстояние до светила вырастет (см. рис.1). Это позволяет качественно объяснить существование климатических зон и без признания шарообразности Земли. Правда, при этом точки равноденствий вне центра Земного диска сдвинутся с линии восток-запад; кроме того останется необъясненным изменение с широтой сезонных колебаний длины дня. Однако вряд ли протяженность «орфической ойкумены» с направлением север-юг была настолько велика, чтобы эти несоответствия бросались в глаза.

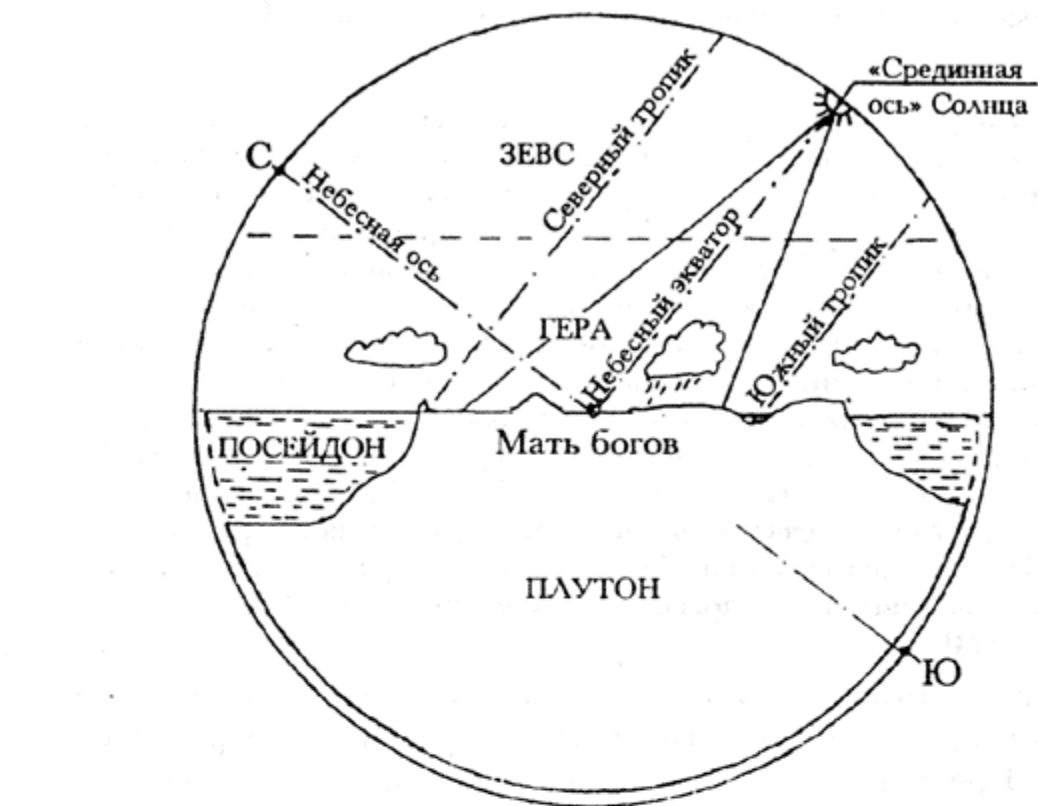


Рис.1. Образ мира орфиков согласно гимнам и «Теогонии по Иерониму и Гелланику».

Могли существовать и какие-то «не астрономические» объяснения этого эффекта. В качестве примера такого, правда, не слишком ясного объяснения большой длины дня в северных странах, можно привести слова римского историка Корнелия Тацита, который, возможно следуя Эпикуру, придерживался системы мира с близким небом и плоской Землей. В сочинении «Жизнеописание Юлия Агриколы», касаясь Британии, где Агрикола воевал, он пишет:

«Пространства на краю круга земного, без сомнения, плоские и поэтому отбрасывают ничтожно малую тень, которая не обволакивает тьмою, из-за чего ночь не достигает неба и звезд»

[Тацит, 1969, с.333, ук.соч, 12].

Поэтому предлагаемое толкование данного фрагмента представляется достаточно обоснованным.

Астрономические представления орфиков

К.Хасапис, анализируя орфическую литературу, пришел к выводам о высоком уровне представлений орфиков о небе. Среди них он выделяет: подчиненность мира Вселенскому закону; знание о сферичности неба и основных небесных движениях; зодиакальных созвездиях, семи планетах и горах на Луне; о заре, как о свечении атмосферы, о зачатках астрологических представлений.

И.Н.Веселовский в ряде вопросов соглашается с ним. Он пишет об орфиках:

«Постоянное упоминание слова “яйцо” показывает, что небесный свод у орфиков считался твердым, приблизительно шарообразным, больше того, вращающимся вокруг Земли с прикрепленными к нему неподвижными звездами... Вращение неба представлялось происходящим вокруг центра Земли; понятия “ось” (akson) – линия и “полюс” (poulos) – конец оси на Земле или на небе были хорошо известны. Любопытно, как получалось сложение двух движений светила (Солнца или Луны): 1) по параллели в суточном вращении и 2) по эклиптике в годовом. Траектория сложного движения Солнца именовалась kikloeliktos – соединение движения по кругу (kiklos) и по спирали (eliks), что у греков обозначало и спираль и винтовую линию... Представленный материал нельзя считать особенно обильным, но не надо забывать, что мы имеем здесь только начала, из которых потом разовьется и философия Великой Греции и сферическая геометрия, и астрономия и даже теория вписанных в шар правильных многогранников» [Веселовский, 1982, с.123 – 124].

Однако с некоторыми выводами К.Хасалиса трудно согласиться. Так, он считал, что орфики знали о шарообразности Земли и ее обращении вокруг Солнца. Представляется, что для таких выводов нет достаточных оснований. Рассмотрим конкретные сообщения источников.

Восхваление Закона, управляющего миром, выражено в специальном гимне Ному (Закону). Причем, этот Закон устанавливает порядок в небе на Земле и в людских судьбах, что дает основания для астрологических представлений:

«Кличу небесный Закон – владыку бессмертных и смертных!
Звезд размещитель святой, он строгой печатью разметил
Землю и берег морской. Возмущениям чуждый, блюдет он
Неколебимо основы природы посредством законов...
Он устроит и смертным достойную жизни кончину,
Ибо владеет один он браздами правления жизнью...»

[гимн 64; 1 – 4, 7 – 8].

Сферичность твердого неба, обнимающего Землю, и его вращение отражены в гимнах Ночи, Урану и Гее. В двух первых снова упоминается вселенский закон (ночь подчиняется Ананке-необходимости). В гимне Ночи сказано:

«...ты по природе двусуща –
То под Землей пребываешь, то снова восходишь на небо.
Кругом бредя, ты играешь, гонясь за живущими в небе,
Либо, коней подгоняя, к подземным богам устремляешь
Бег их и светишь в Аиде опять, ведь тобой управляет
Строгий Ананки закон...»

[гимн 3; 8 – 13].

В гимне богу неба Урану говорится о сферичности небес и их твердости:

«...Куполом ты над землей, о миродержавец, простерся,
Дом всеблаженных богов. Ты все обтекаешь дозором,
В круговращении своем, о страж земли и эфира,
В сердце твоём – бесконечный закон неизбывной природы,
Ты, голубой, адамантово твердый, изменчивый видом...»

[гимн 4; 2 – 6].

Два стиха в гимне Гее (Земле) подтверждают вращение небес, причем ясно, что орфики признают непрерывное движение светил днем и ночью:

«Любишь дожди ты, а космос, искусник всехитрый, светила
Вертит вокруг тебя вечнотекущим могучим потоком.»

[гимн 26; 8 – 9].

О Луне, имеющей не только горы, но и населенной, говорится в «Рапсодической теогонии», видимо в связи с созданием мира Фанесом:

«Он смастерил и иную землю, безграничную, кою Селеной
Зовут бессмертные, а земные человеки – Меной.
Много на ней гор, много городов, много жилищ.»

[DK1 В, III, 91].

Истолкование лунных пятен в качестве деталей лунного рельефа является большим достижением древней мысли.

Мнение о населенности Луны для Греции, видимо, было традиционным. Так считалось, что с Луны упал Немейский лев, побежденный Гераклом, о населенной Луне упоминали Анаксагор и Филолай. В орфическом гимне Селене (Луне) об этом не сообщается, зато там Луна названа «матерью года» [гимн 9, 5]. «Отцом года» названо Солнце (Гелиос), что говорит об использовании лунно-солнечного календаря.

Есть в гимнах и интересное косвенное упоминание о планетах. В гимне Звездам вслед за астрологическими мотивами говорится о неких «семи поясах»:

«Вы, кто, кружась, обтекаете мир огневосной волною...
Вы – сопричастницы Мойр, указатели всяческой доли,
Вы направляете смертных людей по божественным тропам,
Вам пояса семикратные зримы, воздушным скитальцам,
Вы и небесные, вы и земные...»

[гимн 7; 4, 6 – 9].

Само число семь, примененное к небу, позволяет думать, что речь идет о «блуждающих» светилах – Солнце, Луне и известных тогда пяти планетах. Видимо, смысл стихов состоит в том, что сонму неподвижных звезд видны блуждающие. Но возникает вопрос – почему они названы «поясами»? В традиционной, да и орфической мифологиях во всяком случае Луна и Солнце как будто считаются отдельными «небесными телами», например, это определено сказано в «Рапсодической теогонии» о Луне. Можно предположить что имеются в виду их пути, но есть и другое толкование.

Светила-пояса не вовсе чужды античным представлениям, они упоминаются в первой в истории книге «О природе», написанной Анаксимандром. Известно, что философ считал видимые нами светила всего лишь отверстиями в исполинских кольцах из непрозрачного воздуха (аэра), наполненных огнем. Таким образом обнаруживается связь этих взглядов милетского философа с орфизмом. Подробнее астрономические взгляды Анаксимандра рассматриваются в главе 3.

Датировка материала орфических гимнов

К.Хасапис нашел в гимнах два признака, позволяющие по его мнению провести независимую астрономическую датировку их материала. Первый способ основан на упоминании в гимне Аполлону «равных частей зимы и лета». Вторая датировка основана на упоминаниях о Льве, убившем Быка, в гимнах Рее и Матери богов. К.Хасапис отождествил их с соответствующими зодиакальными созвездиями.

Аполлон орфических гимнов прежде всего солнечный бог, который определяет сезонные циклы жизни. Отождествление Аполлона с Гелиосом (Солнцем) в гимнах заметно по использованию близких характеристик – оба божества обладатели золотой лиры (кифары), оба названы плодоносными. Не совсем ясный текст гимна Аполлону допускает различные толкования, одно из которых К.Хасапис и использовал для астрономической датировки. Стихотворный перевод интересующего нас места выглядит так:

«О всецветущий, ведь ты кифарой своей полнозвучной
Ладить вселенскую ось, то до верхней струны поднимаясь,
То опускаясь до нижней струны, то ладом дорийским
Строя небесную ось, – и все, что на свете живого,
Ладить, гармонию влив во вселенскую участь для смертных,
Поровну ты разделяешь, смешав и зиму, и лето:
Верхние струны зиме, а нижние – лету вверяя,
Лад же дорийский для сладкого цвета весны оставляешь»

[гимн 34; 16 – 23].

Следует отметить, что стихотворный перевод последних строк недостаточно точен. Одно из интерпретаций дословного перевода этого места выглядит так: «(Ты), смешав равные части зимы и лета, разделяешь [звуками] верхней струны зиму, нижней лето, дорийскими – временногодний цветок многолюбивой весны».

Здесь речь идет о сезонах, которые Аполлон (Солнце) гармонизирует, перебирая некие «струны», то поднимаясь до верхней, то опускаясь к нижней, причем верхняя струна соответствует зиме, а нижняя лету. Такое «колебательное» движение Солнца в течение года наводит на мысль, что речь идет о сезонном смещении точек восхода и захода светила. При этом «струны» кифары Аполлона могут символизировать небесные тропики и экватор.

Однако, если в средних широтах наблюдать восход Солнца, то в момент равноденствия оно появится на востоке, двигаясь вверх направо

вдоль небесного экватора. Летом точка восхода сместится к северу, и путь Солнца пройдет выше экватора, а зимой, наоборот, ниже его, что, противоречит тексту гимна.

К.Хасапис обратил внимание на традиционное расположение струн кифары (сохранившееся на современной гитаре) и высказал весьма остроумное и правдоподобное предположение, что в гимне речь идет не о положении струн, а о высоте звука, которому они соответствуют. Действительно, во время игры на кифаре инструмент располагается с наклонном, и толстые струны, дающие низкие ноты, созвучные зиме, находятся выше струн, издающих высокие. При таком толковании «звуки верхней струны» – означают просто низкие тона, а не положение небесных струн, и противоречие снимается.

Привязка сезонов к точкам восхода или захода Солнца приводит к принятию трех сезонов – зимы, лета, и промежуточного, лежащего между ними. Возможно, по этой причине в гимне не упомянута осень. Намек на существование в древности не 4-х, а 3-х сезонов есть и в «Рассодической теогонии»: «[Фемида] рождает Зевсу троицу Ор (Времен года), которым вверено великое Небо и Олимп» [DK1 В, III, 144]. Однако, согласно гимну Гелиосу, колесница Солнца запряжена четверкой коней, что можно истолковать в пользу признания четырех сезонов. Представляется, что здесь нет противоречия – и то и другое деление года могло существовать параллельно, первое в астрономическом смысле, второе в бытовом.

К.Хасапис истолковал слова гимна в том смысле, что во время его написания продолжительность астрономических зимы и лета были одинаковы, хотя такое толкование далеко не безусловно. Из текста: «(Ты), смешав равные части зимы и лета, разделяешь [звуками] верхней струны зиму, нижней лето, дорийскими – ...цветок многолюбивой весны» непосредственно не следует равенство длин сезонов. Например, можно предположить, что речь идет о погоде: смешав равные части стужи и зноя, Аполлон создаст прекрасную «среднюю» погоду весны.

Тем не менее гипотеза К.Хасаписа заслуживает внимания. Согласно его расчетам равенство длин зимы и лета имело место в 1366 г. до н.э. Как известно, точка апогея эллиптической орбиты Земли прецессирует, смещаясь относительно точки весеннего равноденствия на $1^{\circ}43'$ за 100 лет. В момент, когда апогей орбиты лежит под углом 45° от точки весеннего равноденствия, дуги эллипса, соответствующие астрономическим зиме и лету, симметричны, как это видно из рис.2. Поэтому Земля проходит эти участки орбиты за равное время. Возникает вопрос, могли ли творцы первоисточника орфических гимнов знать о неравенстве продолжительности сезонов и измерять ее?

В принципе это весьма вероятно. В эпоху «горизонтной астрономии», в которую, согласно данной датировке, создавались первоисточники гимнов, жрецы, фиксируя по точкам восходов и заходов Солнца моменты солнцестояний и равноденствий, несомненно должны были параллельно вести и



Рис.2. Положение земной орбиты в момент равенства астрономических сезонов (лета и зимы).

счет дней между началами астрономических сезонов. Это было нужно для назначения времени проведения ритуалов, привязанных к солнечному календарю, когда облачность мешала наблюдениям Солнца. То есть это явление могло быть открыто задолго до Евктемона, жившего в IV в. до н.э.

Однако, точное определение моментов солнцестояний и равноденствий вызывает большие трудности. Даже Гиппарх, пользовавшийся специальным инструментом (равноденственным кольцом) оценивал точность своих измерений в 1/4 дня. Птолемей, сравнивая результаты своих измерений с более древними, не заметил смещения точки апогея на 5°, накопившееся за 300 лет, прошедших между наблюдениями Гиппарха и его собственными [Птолемей, 1998, с.502]. Расчеты показывают, что ошибка на одни сутки приводит к погрешности датировки больше чем в 500 лет. Таким образом, даже если принять предложенное К.Хасаписом толкование текста гимна, можно говорить только о весьма грубых датировках типа: «от -2400 г. до -1000 г. при точности наблюдений в одни сутки».

Вторую датировку, как говорилось, К.Хасапис основывал на упоминаниях о Льве, убившем Быка, в гимнах Рее и Матери богов. В гимне Рее сказано:

«Рея-владычица, ты многовидного дочь Протогона!
Лев-быкобоец впряжен в святую твою колесницу...»

[гимн 14; 1 - 2].

Подобная упряжка оказывается и у Матери богов:

«Ныне впряги в колесницу свою со стремительным летом
Львов-быкобойцев, о ты, скиптродержщица оси небесной!»

[гимн 27; 3 - 4].

К.Хасапис толкует образ «Льва-быкоубийцу» как астральный символ, означающий, что в колеснице богинь запряжено Солнце, победившее Быка в весеннем равноденствии и достигшее в летнем солнцестоянии (созвездии Льва) высшей точки своего могущества.

В пользу такого толкования говорит не только существование зодиакальных созвездий Тельца (Быка) и Льва, но и то, что расстояние между ними составляет 90°. Поэтому, если Солнце в момент весеннего равноденствия находится в Тельце, то в летнее солнцестояние окажется в созвездии Льва. За счет прецессии земной оси точки солнцестояний и равноденствий медленно смещаются вдоль эклиптики, что позволяет назвать время, когда существовало такое положение. Оно имело место в 4-м и 3-м тысячелетиях до н.э. и закончилось в начале 2-го (К.Хасапис называет дату 1841 г. до н.э., когда точка весеннего равноденствия достигла ярких звезд созвездия Овна).

Астральный смысл персонажей упряжки держательницы «небесной оси», подтверждается обликом Фанеса-Протогона, утвердившегося на «вершине неба». Фанес имеет головы быка и льва. В «Рапсодической теогонии» сказано, что Фанес появился:

«Четырьмя очами взирая семо и овамо...
Издавая бычье мычание и рык свирепого льва»

[DK1 В,Ш, 76, 79].

Тот же облик частично рисует гимн Протогону (эпитет «двусущий», скорее всего, относится не к «двухголовости» божества, а к тому, что он считался гермафродитом):

«Я Протогона двусущего кличу, бродягу эфира,
Что из яйца появился, красуясь златыми крылами,
С ревом бычачьим...»

[гимн 6; 1 - 3].

Таким образом датировку гимнов по «Быку и Льву» можно считать достаточно надежной. В свое время И.Н.Веселовский не принял ее, написав: «Достаточно согласиться с автором (К.Хасаписом), что в рассматриваемых стихах речь действительно идет о знаках зодиака, чтобы сразу опровергнуть его датировку. На основании ассирийских текстов можно утверждать, что в VIII в. до н.э. понятия зодиака в современном смысле еще не существовало» (Веселовский, 1982). Однако, с тех пор появились веские доводы в пользу более древнего бытования ряда зодиакальных созвездий. Как говорилось, такую возможность предполагает А.А.Гурштейн в гипотезе их поэтапного выделения [Гурштейн, 1992].

Из сказанного ясно, что в основе космологических представлений орфиков лежали три главные идеи, ставшие отправными точками в развитии античной астрономии. Это - вера в существование мирового закона,

определяющего гармоничное устройство Вселенной, а также понятия о твердой звездной сфере и центральной симметрии мира.

Правда, возникает вопрос, принадлежали ли эти идеи традиционной религии орфиков? Ведь можно предположить, что они являются вторичными, и заимствованы авторами орфических текстов у ранних античных философов. Однако, в данном случае удастся показать, что это не так. Веские доводы в пользу древности этих представлений дает анализ текста поэмы Арата «Явления», содержание которой позволило произвести объективную астрономическую датировку ее материала. Датировке источника этого уникального текста и его связи с орфизмом посвящена следующая глава.

Глава 2 КОРНИ «ЯВЛЕНИЙ» АРАТА

Поэма Арата «Явления» – уникальный литературный памятник. Только этот, созданный в эллинистическую эпоху, текст содержит подробное описание звездного неба, позволившее провести астрономическими методами датировку его первоисточника. При этом материал поэмы оказался настолько богатым, что на его основе удалось сделать три независимых определения эпохи наблюдения описанного в ней неба. Все они дали парадоксальные, но близкие между собой результаты – рубеж 3 – 2 тысячелетий до н.э. К сожалению, они пока еще не заняли должного места в общеисторических дисциплинах, хотя заслуживает внимания даже сам факт передачи такого массива конкретных сведений через полторы тысячи лет.

«Явления» Арата

«Явления» Арата сыграли важную роль в истории античной астрономии. Эта дидактическая поэма содержит наиболее раннее из известных полное описание звездного неба. Хотя некоторые астрономы греческого неба упоминаются Гомером и Гесиодом, только «Явления» дают ясное представление о системе созвездий, и служат как бы отправной точкой традиции, дожившей до наших дней. Знаменательно, что за 22 прошедших со времени Арата отнюдь не безмятежных столетия, в своей основе «небо Арата» используется и современной астрономией. Это доказывает исключительную устойчивость астрономической традиции. Больше того, астрономические датировки его материала привели к выводу о глубокой древности ее первоисточника и показали, что, возможно, небо делилось на созвездия близкие к современным еще сорок веков назад.

Автор знаменитой дидактической поэмы «Явления», Арат из Сол (ок. 310 – 245 до н.э.) учился в Афинах у основателя стоической школы Зенона Китийского. Царь Македонии Антигон Гонат, который был приверженцем стоической философии, пригласил Арата в Пеллу, где тот, по-видимому, исполнял роль придворного поэта. Известно, что «Явления» были написаны по заказу царя, предложившего Арату сделать стихотворный пересказ утраченных книг Евдокса Книдского (ок. 403 – 350 до н.э.) «Зеркало» и «Явления». По-видимому поэма представляет собой достаточно точное переложение книг Евдокса.

Евдокс известен как геометр, географ, астроном, врач, законодатель. Диоген Лаэртский пишет, что он начал свое образование в Афинах, посетил Египет, учился математике у пифагорейца Архита Тарентского.

Позже он основал в Кизике свою школу и имел много учеников. Умер он на родине, прожив всего 53 года [Диоген Лаэртский, 1979, с.357]. Сообщается о близости Евдокса к Академии Платона, где математика была в чести, но есть и указания на его соперничество с философом. Среди учеников Евдокса называют математиков Менехма и Полемарха; учеником Полемарха был астроном Каллипп Кизикский. Математическим гением Евдокса восхищались многие, в том числе один из величайших математиков Архимед. Гораздо более важным, чем описание созвездий, вкладом Евдокса в астрономическую науку стала его первая в истории геометрическая теория движений Солнца, Луны и планет, о которой речь впереди (в гл.6).

Небольшая, в 1154 строки, написанная гексаметром поэма по содержанию распадается на три части. В первой, занимающей по объему почти половину текста, описывается взаимное расположение созвездий. Средняя, посвященная календарю и «звездным часам», сообщает об одновременных с зодиакальными восходах заходах других созвездий; она невелика и составляет около пятой части поэмы. В заключительной части, менее интересной для историков астрономии, речь идет о небесных и земных приметах изменения погоды. Описание созвездий носит общий характер и предполагает, что сами их фигуры хорошо известны читателям. Иногда Арат касается связанных с созвездиями мифологических сюжетов. В первой части около ста строк посвящены сферической астрономии, в том числе описанию небесных кругов и их пересечений с фигурами созвездий.

Ярко и образно написанная поэма пользовалась огромной популярностью и служила учебным текстом. Сохранилось множество ее списков и четыре латинских перевода, два из которых принадлежат знаменитым римлянам – политику и оратору Цицерону (106 – 45 до н.э) и полководцу, племяннику императора Тиберия, Цезарю Германику. Великий астроном Гиппарх из Никеи (190 – 125 до н.э.) посвятил поэме специальное сочинение «Комментарии к Арату и Евдоксу», которое оказалось единственным дошедшим до нас трудом ученого. Гиппарх, обнаружил несоответствие собственных наблюдений звездного неба с его описанием в поэме и отметил расхождения. Интересно, что Германик в своем переводе учел критику Гиппарха и внес в латинский текст поэмы исправления. Включенный Птолемеем в «Альмагест» звездный каталог, восходящий к Гиппарху, построен на основе тех же созвездий, которые упоминает Арат. Это позволяет в большой мере отождествить «небо» Арата с «небом» каталога Птолемея.

Независимая астрономическая датировка материала поэмы Арата, показавшая его глубокую древность, ставит ряд вопросов, в том числе об оценке роли ее непосредственного источника – Евдокса. Насколько велико было вмешательство ученого в использованные им древние сведения, все ли они восходят к первоисточнику, или их часть принадлежит самому Евдоксу?

Астрономические датировки материала «Явлений»

Через двести лет после Евдокса Гиппарх открыл явление прецессии (предварения равноденствий). Он установил, что эклиптическая долгота звезд постепенно меняется при постоянстве их шроты. Суть явления состоит в том, что земная ось описывает в пространстве конус, сохраняя угол наклона к плоскости земной орбиты. При этом для земного наблюдателя полюса мира описывают вокруг полюсов эклиптики круги диаметром 47° , и расположение звезд по отношению к небесным тропикам и экватору меняется. Поэтому описание звездного неба дает возможность определить эпоху, в которую оно наблюдалось. Как говорилось, расхождение данных Арата с наблюдениями заметил еще Гиппарх, который, правда, не предположил, что они связаны с изменением вида неба из-за прецессии («Комментарии» являются ранней работой астронома и написаны до открытия им прецессии). Но такие подозрения высказывались давно, в частности еще Исааком Ньютоном.

Основные работы нового времени в этом направлении выполнены английскими астрономами. Первыми были Е.Маундер и А.Кромеллин, которые еще в начале XX в. показали, что материал использованный Евдоксом имеет весьма древнее происхождение. [Maunder, 1909; Crommellin, 1923].

Метод, использованный учеными, состоял в изучении размеров и положения части небесной сферы, которая неизвестна Арату, то есть в выявлении созвездий, которые не появлялись над горизонтом в местах, где наблюдали небо создатели первоисточника поэмы. Исследования показали, что наблюдения описанных в поэме созвездий проводились в районе 36° с.ш. Кроме того центр «области невидимости» оказался заметно смещенным относительно южного полюса мира, которое он занимал в эпоху Евдокса, очевидно, за счет прецессии. Оценка величины смещения и стала способом датировки материала поэмы. Согласно исследованиям Маундера первоисточник был создан около 2500 г. до н.э. на широте $35 - 40^\circ$. Кромеллин получил близкие результаты – широту 36° и время наблюдения 2460 г. до н.э. Поскольку в поэме созвездия часто только называются и об их южных границах достаточно трудно судить, этот метод является достаточно грубым.

Позже М.Овенден [Ovenden, 1966] пришел к близким результатам другим путем. Он проанализировал приведенные в поэме данные об одновременных восходах и заходах созвездий. Эти описания более подробны, и часто содержат конкретные детали, например:

«Две Змеедержца ноги, до колен погруженные в воду,
Пусть для тебя Близнацов восходящих приметой будут...»

(Явления; строки 725 – 726)*

* «Явления» Арата цитируются по весьма точному переводу А.А.Роскиуса [Небо, наука, поэзия, 1992].

«Водой» или «Океаном» Арат называет горизонт. Согласно определению Овендена наблюдения велись на широте 36° плюс-минус $1,5^\circ$ в эпоху 2600 г. до н.э. плюс-минус 800 лет. Так было показано, что древнему источнику принадлежат и сведения об одновременных восходах созвездий.

Наконец, в 1984 г. английский астроном А.Рой продолжил работу своих предшественников, применив еще более изящный и точный способ датировки [Roy, 1984]. Он использовал для этого описанные Аратом пересечения с созвездиями небесных кругов – тропиков и экватора, которые раньше для этого не привлекались. Его метод интересен не только с точки зрения уточнения датировки: работа А.Роя показала, что представления о небесных кругах являются неотъемлемой частью исходного текста.

Датировка А.Роя и ее повторение автором

Основой этой датировки стали фрагменты поэмы, которые касаются пересечений небесных кругов с созвездиями, которые приводятся ниже (Борею Арат называет север, Нотм – юг):

Описание положения северного тропика:

«Первый из меньших кругов лежит невдале от истоков Борея.
Обе главы *Близнецов* по этому кругу несутся;
Накрепко оба к нему прижимает колена *Возничий*;
Левая голень на нем и плечо утвердилось *Персея*;
Следом за ним сей круг *Андромеды* десницу над локтем
Пересекает, причем ладонь остается над кругом
Ближе к Борею, но локоть ее наклоняется к Ноту.
Также копыта *Коня*, затылок *Птицы*, вершина
Птичьей главы, наконец, *Змеедержца* прекрасные плечи
Вместе по кругу сему непрерывно ведут обращение.
Не прикасаясь к нему, влечется немного южнее *Дева*.
Но *Раку* и *Льву* его избежать невозможно:
Оба подряд провизаны им – одного рассекает
Он от груди всего целиком до самого срама,
А вслед за тем сквозь *Рака* бежит, расколов ему панцирь,
И разрезается *Рак* с таким совершенством,
Что остаются глаза по разные стороны круга».

(Строки 480 – 496)

Положение южного тропика:

«Круг пробегает другой в областях супротивного Нота,
И разделив пополам *Козерога*, нещадно отъемлет
Обе ноги *Водолею*, и хвост *Киту* отсекает;
Заяц на нем, но *Пса* он почти что минует, задев лишь
Лапы. На нем же *Аргю* и *Кентавра* спина, *Скорпиона*
Жало и *Лук*, достоянье *Стрельца*, не приметного светом».

(Строки 501 – 506)

Положение экватора:

«Знаменья круга сего *Овен* и колено *тельцово*:
Если *Овен* всем телом своим по нему распростерся,
То лишь изгибы колен *Тельца* различимы на круге.
Пояс на нем утверждён *Ворона*, светящего ярко,
Огненной Гидры изгиб, почти вся не приметная *Чаша*,
Ворон на нем и *Клешией* весьма разобщенные звезды,
И не минует сей круг *Орла*, ибо в тесном соседстве
С кругом ветры стремят великого вестника *Зевса*.
И голова и за гривок *Коня* расположены здесь же».

(Строки 514 – 522)

Методика А.Роя. А.Рой выделил из приведенных фрагментов текста 34 конкретных сообщения о положении небесных кругов относительно фигур созвездий и провел для них проверку на соответствие наблюдениям для ряда эпох. Он применил статистический подход. Каждому акту проверки присваивалась оценка: 1 – в случае полного совпадения, 0,5 – в случае частичного и 0 – в случае полного расхождения. Контролю подверглись эпохи от 2000 г. н.э. до 5000 г. до н.э. Работа проводилась с помощью

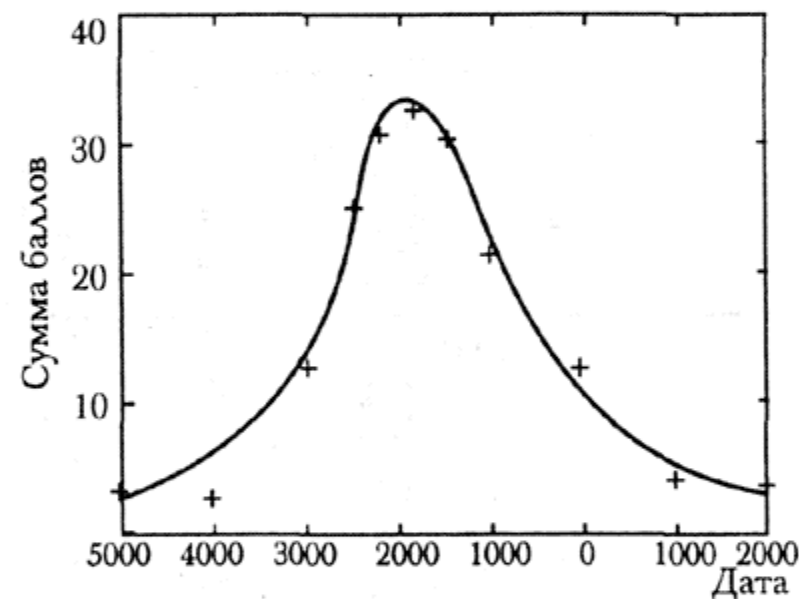


Рис.3. График, иллюстрирующий результаты А.Роя. (По статье «The Origin of the Constellation»)

планетария колледжа города Глазго, на экране которого последовательно демонстрировался вид звездного неба в заданные эпохи. Для каждой из них определялась сумма баллов.

Результаты исследования приведены в табл.1, а построенный по ней график показан на рис.3. Хорошо видно увеличение числа соответствий для эпохи близкой к –2000 г., тогда как на время Евдокса (–0,35 тыс.лет) их приходится меньше половины. Однако, эта датировка, проведенная визуально без разбора и рассмотрения конкретных случаев порождает сомнения в достоверности полученных результатов.

Результаты исследования А.Роя, 1984 г.

Эпоха (тыс.лет)	+2	+1	0	-1	-1,5	-1,8	-2	-2,2	-2,5	-3	-4
сумма баллов	4,0	4,5	13,0	21,5	30,5	32,5	33,0	30,5	25,0	13,0	3,0

Методика автора. Я решил повторить работу А.Роя более наглядным и доступным проверке графо-аналитическим способом [Житомирский, 1997]. Для этого была использована карта упоминаемых Аратом созвездий, построенная в эклиптических координатах с применением цилиндрической проекции. На ней эклиптика изображается прямой линией, а экватор и тропики синусоидальными кривыми. Здесь прецессионное движение выражается простым сдвигом этих кривых вдоль эклиптики и не затрагивает фигур созвездий. Имея такую карту, нетрудно определить места пересечений экватора и тропиков с созвездиями в разные эпохи – достаточно нанести линии экватора и тропиков на кальку и располагать ее на карте в положениях, соответствующих разным эпохам.

За основу построения карты был взят звездный каталог, помещенный в Альмагесте Птолемея и составленный в эклиптической системе координат [Птолемей, 1998, с.224 – 263; Alm, VII, 5]. Он, как известно, в значительной степени восходит к утраченному каталогу Гиппарха и наиболее близок по времени к эпохе Арата. При этом учитывались незначительные отличия описания созвездий у Птолемея и Арата. Построение велось на миллиметровой бумаге в масштабе 2 мм в 1°. При построении фигур созвездий учитывались гравюры Альбрехта Дюрера (1515 г.) и Антона Вензама (1534 г.). Формально эпохой звездного каталога Альмагеста считается эра императора Антонина Пия, то есть 20 июля 137 г. Однако из-за систематической ошибки Птолемея каталог соответствует более раннему времени, и его эпохой принято считать середину I-го века н.э.

Небесный экватор и тропики строились по точкам, вычисленным по формулам сферической геометрии. Для эпохи каталога Птолемея они нанесены на карту (рис. 4, 5) сплошными линиями; пунктиром показано их положение для 2000 г. до н.э. – эпохи статистического максимума олеонок. На карте изображены все зодиакальные созвездия и те из прилегающих к ним, которые у Арата участвуют в пересечении с небесными кругами.

Наиболее важной для данной работы чертой каталога Птолемея является наличие описания положения звезд в фигуре созвездия (так называемая ее «конфигурация»). Поэтому, опираясь на традиционные изображения созвездий, удается достаточно определенно выявить их форму. На карту, в соответствии с целью работы, наносились только звезды важные для построения фигур нужных созвездий. Зодиакальное созвездие Весов было введено поздно на месте упоминаемого Аратом древнего созвездия Клешиной Скорпиона. Птолемей упоминает оба названия, причем в каталоге описываются именно Клешины.

Характер пересечений. Арат описывает пересечения созвездий с кругами по-разному. Иногда это просто упоминания, например он пишет об экваторе: «Ворон на нем и Клешиной весьма разобщенные звезды» (строка 520). В таких случаях за эпохи начала и конца возможного наблюдения пересечения принималось покрытие кругом крайних звезд созвездия. Этот же принцип использовался, когда Арат указывает определенную часть фигуры созвездия, например «плечи Змеедержца». Здесь границами области считались звезды, отмечающие плечи.

В ряде случаев такая методика невозможна. Это касается созвездий Птицы (Лебеда) Орла и Коня (Пегаса). Согласно Арату «затылок Птицы» находится на северном тропике. Однако широта звезды на голове Лебеда, по Птолемею N1, «на клюве» (β Cyg) составляет $+49^\circ$, то есть находится на 3° севернее возможного положения тропика. Поэтому для датировки использовалась область радиусом в 5° вокруг звезды. Аналогичное положение наблюдается и во взаимном расположении созвездия Орла и экватора. Наиболее южные звезды Орла – N1 и 8 (τ и η Aql) имеют широту $+26,5^\circ$ и $+26,7^\circ$ и находятся севернее экватора также на 3° . Область датировки здесь определялась тем же способом, что и у Лебеда.

Арат говорит о нахождении на северном тропике «копыта Коня (Пегаса)». Но, во-первых, «копыта» Коня в каталоге вообще не отмечены звездами. Для левой ноги указана «звезда на колене» N19, а для правой более близкая к концу ноги «звезда на лодыжке» N18 (π Peg). Здесь можно предположить ошибку текста (использование множественного числа вместо единственного) и изменение ко времени Птолемея трактовки фигуры созвездия – перенос лодыжки Коня на звезду, обозначавшую прежде конец ноги. Поэтому, для датировки рассматривалась область радиусом в 5° вокруг звезды N18, что удовлетворяет и указанию Птолемея и сделанному предположению. Та же величина принята у созвездия Андромеды для расстояния от звезды N7 «южной из трех на конце правой руки» (ρ And) до локтя, который не отмечен звездами.



Рис.6. Изображение созвездия Возничего А.Дюрером (1515 г.)

Более сложное положение возникло с «коленими Возничего», которые никак не отмечены. Звезды определяют только голени персонажа. Дюрер изобразил Возничего в довольно неестественной позе, стоящим на одном левом колене (рис.6). Правое при этом расположено недалеко от звезды N6 (θ Aur), находящейся «на правой кисти». На предлагаемой карте Возничий показан стоящим на коленях. Для датировки рассматривалась область между «кистью» и «краем одежды» – звездами N6 и 12, (θ и ξ Aur), поскольку колени вряд ли могут оказаться вне этих пределов.

Есть и несоответствия текста с возможной картиной пересечений. О Персее сказано, что на северном тропике «утвердились» его плечо и левая голень. Такое пересечение вообще невозможно, зато оно хорошо соответствует одновременному пересечению с тропиком правой голени и левого плеча. У Птолемея фигура героя показана со спины, как принято изображать созвездия на звездном глобусе, и не исключено, что в эпоху Арата она воспринималась зеркально, и Персей считался левшой. Возможна и ошибка текста; для датировки взято возможное пересечение.

Существенное расхождение текста Арата с положением звезд имеется в описании пересечения южного тропика с созвездием Большого Пса. Арат сообщает о тропике: «Заяц на нем, но Пса он почти что минует, задев лишь лапы» (строка 504). Действительно, «концы лап» Пса, звезды N7 и 9 (γ и β Cma) могут «касаться» тропика, но при этом круг отнюдь не «минует» Пса, но, напротив, пересекает его тело. К счастью, в комментариях к поэме Гиппарх по поводу этого места приводит цитату из книги Евдокса, служившей для Арата источником:

«Евдокс говорит: “На нем (южном тропике) середина Козерога, ноги Водолея и хвост Кита, изгиб Реки (Эридана) и Заяц, а также хвост и ноги Пса, корма и мачта Арго и Зверь (Волк)...”»

[Manitius, 1894; Hipp.12, 20].

Приведенное сообщение показывает, что Арат далеко не всегда буквально следовал тексту источника. Описанное Евдоксом пересечение созвездия Пса южным тропиком вполне согласуется с картой. Кроме того астроном упоминает его пересечение с созвездиями Рекой и Зверем, которые Арат пропустил. Они также учтены при анализе материала.

Имеются и небольшие расхождения в описании созвездий Арата и Птолемея. Часть из них не касается мест пересечений, но в трех случаях в «птолемеевские» фигуры созвездий внесены изменения согласно тексту Арата. Это касается крыла Девы, глаз Рака и головы Коня (Пегаса). Описав созвездие Девы, Арат упоминает, что рядом с ним находится яркая звезда «Виноградарь». Речь идет о звезде Виндемиатрикс, которая у Птолемея описывается как «северная из трех на правом крыле». Таким образом, ко времени Птолемея созвездие несколько расширилось, включив эту звезду. Более существенным является расхождение, связанное с созвездием Рака. В описании его пересечения северным тропиком Арат дает одно из самых определенных указаний: «И разрезается Рак с таким совершенством,

что остаются глаза по разные стороны круга» (строки 495, 496). Птолемей же вообще не выделяет звезд, обозначающих глаза. Представляется, что у Арата роль «глаз» Рака выполняла пара северных звезд из отмеченной Птолемеем группы «четырёх звезд на панцире». Это звезды 3-й величины N4 и 5 (γ и δ Spc).

Исправление касается и головы Коня. Яркая звезда N17 (ϵ Peg) у Птолемея обозначена просто как «звезда на морде». Арат же упоминает ее как звезду «на краю пламенеющего подбородка» (строка 213). Художники помещают ее между глазом и ухом, при этом голова оказывается более опущенной, чем она виделась в древности. После исправления фигуры приобретает смысл указание Арата о пересечении созвездия с экватором: «И голова и загривок коня расположены здесь же» (строка 524). При наклоненной голове линия экватора не может попасть на загривок.

Результаты. Всего были рассмотрены пересечения кругов с 31 созвездием для периода от -4000 г. до 2000 г. через 200 лет. По результатам датировки пересечений они разделены на 5 групп, в зависимости от того, к какой эпохе позволяют их отнести зафиксированные источником наблюдения.

1. С весьма древними датировками, указывающие эпохи до -2200 г. – 2 созвездия.
2. С древними датировками, указывающими эпохи до -600 г., и не включающие эпоху Евдокса (-350 г.) – 13 созвездий.
3. С античными датировками эпох от -800 до +1000 г., которые охватывают время Евдокса – 3 созвездия.
4. Созвездия, приводящие к датировкам, которые охватывают период от -2000 до +1600 г., то есть и древнюю и античную эпохи, и не противоречащие ни той, ни другой – 7 созвездий.
5. Созвездия с неопределенной датировкой, у которых пересечения сохраняются весьма долгое время или вообще отсутствуют (Орион) – 6 созвездий. При анализе материала они исключены из рассмотрения.

Полученные данные приведены в табл.2. Эти же данные в графическом виде показаны в табл.3.

Таблица 2

Датировки, полученные по созвездиям

Созвездие и место пересечения с кругом	Круг и группа	Эпоха тыс. лет		Положение кругов у звезд (обозначения по Птолемею см. рис.2, 3)
		от	до	
Близнецы, головы	ст, 1	-3,4	-2,2	между N1 и N2
Персей, плечо и голень	ст, 1	-3,2	-2,6	между N16 и N21
Возничий, колени	ст, 2	-2,6	-1,0	между N6 и N12
Андромеда, предплечье	ст, 2	-2,4	-1,4	от N7 и на 5° к югу
Змеедержец, плечи	ст, 2	-3,6	-1,8	между N4 и N2

Анализ результатов. Для анализа полученных данных использовался способ, предложенный А.Роем, то есть суммирование по эпохам согласных с текстом фактов пересечений небесных кругов с созвездиями. Всем значимым датировкам присваивался одинаковый балл – 1. Результаты сведены в табл. 4 и показаны на гистограмме (рис. 7). Исследование подтвердило вывод А.Роя о наличии статистического максимума на рубеже 3-го и 2-го тысячелетий до н.э., когда, видимо, и был зафиксирован матери-

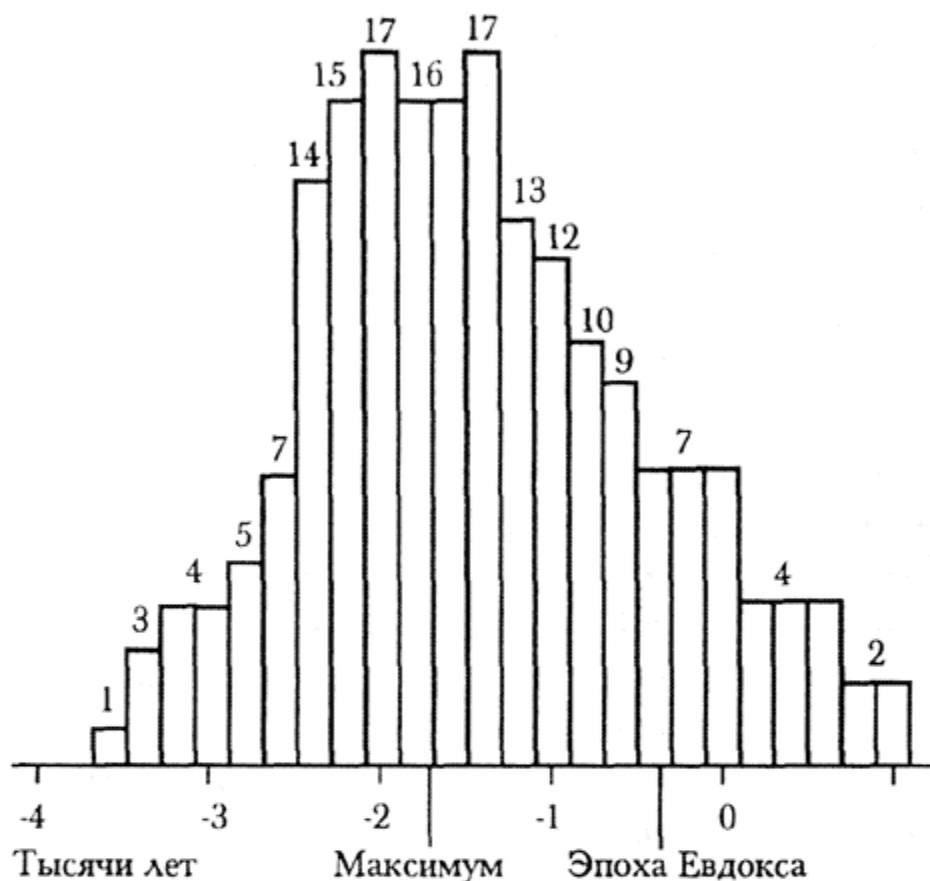


Рис. 7. Гистограмма числа значимых датировок по эпохам

ал памятника. Ряд пересечений демонстрирует это очень наглядно. Так, Арат упоминает о пересечении северным тропиком и экватором соответственно плеч и колен Змеедержца. К эпохе Евдокса тропик ушел далеко за пределы фигуры созвездия, а экватор сместился с колен на пояс.

Таблица 4

Число значимых датировок по эпохам

Эпоха (тыс.лет)	-4,0	-3,8	-3,6	-3,4	-3,2	-3,0	-2,8	-2,6	-2,4
сумма баллов	0	0	1	3	4	4	5	7	14
Эпоха	-2,2	-2,0	-1,8	-1,6	-1,4	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6
сумма баллов	16	17	16	16	17	13	12	10	9
Эпоха (тыс.лет)	-0,4	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,6	+0,8	+1,0	+1,2
сумма баллов	7	7	7	4	4	4	2	2	2

Однако пересечения кругов с созвездиями Девы, Кита и Коня определенно указывают античную эпоху. Объяснить это, видимо, можно только частичным позднейшим редактированием текста. Выбор созвездий, которых коснулось «исправление» текста не случаен – все они находятся вблизи точек зодиака, отмечавших в античное время равноденствия. Не исключено, что Евдокс или кто-то из его предшественников наблюдал восходы и заходы Солнца и звезд в равноденствиях и обратил внимание на несоответствие положения кругов по отношению к этим созвездиям.

Работа подтвердила датировку А.Роя, хотя можно заметить, что полученные материалы выглядят не столь эффектно. Тем не менее налицо факт близости результатов пяти независимых исследований эпохи наблюдения неба, описанного в поэме. Причем в них были использованы три группы не связанных между собой сведений текста: расположения ненаблюдаемой части звездной сферы, данные об одновременных восходах и заходах созвездий, а также пересечения с ними главных небесных кругов, что является достаточно надежным свидетельством о глубокой древности первоисточника поэмы Арата.

Археологическая датировка

Шведские ученые Мари и Питер Бломберги и Горан Хенриксон из Упсальского университета исследуют развалины двух критских святилищ, которые они интерпретируют как археоастрономические памятники. Эти святилища расположены на возвышенностях восточного берега Крита. Северное из них, Петсофас (Petsophas), сооруженное на высоте 255 м., было раскопано археологами еще в начале XX века, южное – Траосталос (Traostalos), находится на высоте 515 м., его раскопки проводились в 1970-х годах. Святилища надежно датируются 2000 – 1600 гг. до н.э. (минойской эпохой), причем позже, в микенскую, не функционировали. О связи памятников с астрономическими наблюдениями говорят обнаруженные в них отмеченные ориентирами направления на точки восхода Солнца в дни солнцестояний и равноденствий [Henriksson, M.Blomberg, 1996].

На территории святилищ найдено множество керамических фигурок, изображающих в основном животных и людей, причем встречаются и отдельные части тел – не обломки, а именно специально изготовленные части, например, рука или нога с отверстиями для подвески. Традиционно эти находки трактовались как предметы целительных или земледельческих культов, известных по другим памятникам Крита. Однако, фигурки святилищ Петсофас и Траосталос оригинальны и не похожи на амулеты и аналогичную керамику других святилищ.

П.Бломберг высказал предположение, что они представляют собой изображения созвездий [Blomberg, 2000]. По его мнению больше 90% находок подходит под астрономические толкования, и ни одна не противоречит этой гипотезе. Причем многие из них соответствуют именно фигурам созвездий Арата. Например: сидящая женщина – Кассиопея, странное

животное с перекрученным телом – Кетус (Кит), Козел – Козерог, Птица со сложенными крыльями – Орел, с развернутыми – Лебедь. Есть фигурки, соответствующие старым названиям созвездий: Черепаха – Лира, Ботинок – Клешня Скорпиона.

Осторумное и правдоподобное толкование ученых дает и неполным фигуркам. По его мнению, это могут быть изображения незаходящих частей созвездий, видимых при восходе или заходе зодиакальных. Такие сведения приводятся во второй части поэмы Арата, причем М. Овенден показал, что они соответствуют именно той эпохе. Наблюдения за восходами и заходами созвездий были нужны для ведения календаря, и возможно определенная фигурка части созвездия являлась обозначением какого-то важного периода года.

Например, в районе святилищ найдены 7 фигурок ног до колена, а согласно Арату, при восходе Льва Коленопреклоненный (Геркулес) заходит, оставляя в небе часть левой ноги (строка 593). Среди находок есть 8 рук до локтя. Предполагается, что это часть заходящего при восходе Близнецов Арктофилака (Волопаса), о котором в поэме сказано, что он заходит весь, «Кроме руки, каковую к Большой он Медведице тянет» (строка 723). 9 половинок человека, толкуются как изображения наполовину зашедшей при восходе Козерога Андромеды (строки 704 – 705).

Таким образом вполне вероятно, что в минойскую эпоху в восточной части Крита жрецы-астрономы делили небо на созвездия, близкие к описанным Аратом. Кроме того Крит находится на широте 36° , что соответствует району наблюдений Аратовых созвездий, и не исключено, что именно там жили создатели первоисточника поэмы. Кстати, такого же мнения придерживается А.Рой.

«Сферическая астрономия» медного века

Работа А.Роя показала, что небесный экватор и тропики были известны создателям источника поэмы. Как могли его создатели, «астрономы» энеолита открыть их и зафиксировать пересечение с ними фигур созвездий? Ответ подсказывает археология.

Найденная эпоха создания первоисточника поэмы Арата отмечена широким распространением археоастрономических памятников типа Стоунхенджа. После работ Дж.Хокинса, изучавшего Стоунхендж с астрономической точки зрения, было открыто много древних «обсерваторий-святилищ» [Хокинс, 1973]. Такими являлись упоминавшиеся критские святилища Петсофас и Траосталос, в России примером подобного памятника может служить открытое в пойме Тобола древнее святилище «Савин», которое исследует Т.М.Потемкина [Потемкина, 1998; Потемкина, Юревич, 1998].

Особенность этих памятников – наличие ориентиров, отмечающих характерные точки восходов и заходов Солнца во время равноденствий и стояний. Эти выделенные на горизонте точки имеют прямое отношение к небесному экватору и тропикам. Действительно, через точки восхода и

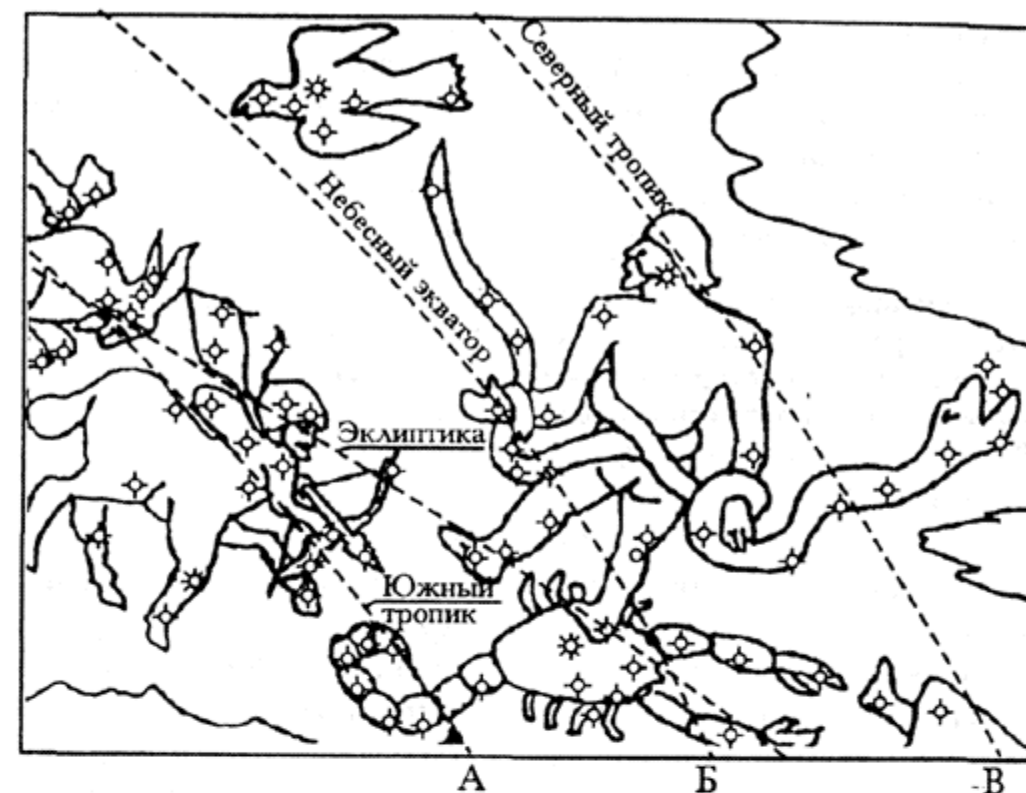


Рис.8. Картина захода созвездий на 36° с.ш. в 2000 г.до н.э. Обозначения: а – точка захода Солнца в момент зимнего стояния, б – равноденствий, в – летнего стояния

захода Солнца в равноденствии проходит небесный экватор, а через точки его восходов и заходов в стояниях – северный и южный тропики. Поэтому жрец-астроном подобной обсерватории, наблюдая восходы или заходы звезд в зафиксированных ориентирах местах горизонта, автоматически получал данные о прохождении тропиков и экватора через созвездия. Зная наклон пути Солнца или Луны вблизи горизонта, постоянный для определенной широты местности, он мог мысленно продлить его до встречи со звездами знакомых созвездий, как это показано на рис.8. Так что само по себе наблюдение пересечений небесных кругов с фигурами созвездий не содержит значительных трудностей.

Но понятие о небесных кругах невозможно без представления об охватывающей Землю небесной сфере. Поэтому сведения поэмы, касающиеся звездной сферы, следует признать восходящими к первоисточнику. Арат так описывает звездную сферу, называя небо Зевсом:

«Сколько бы лет не прошло, вращаются эти созвездья
Точно в назначенный срок чередой. Они нерушимо
С небом навек скреплены, украшенья стремительной ночи...»
(Явления; строки 451 – 453)

«...не бывало еще на памяти смертного рода,
Чтобы безвестно звезда хоть единожды с Зевса исчезла.»
(Явления; строки 259 – 260)

«Нерушимость» звезд позволяет думать, что небесная сфера также считалась твердой. Это соответствует и традиционной греческой мифологии и представлениям многих античных ученых, но характерно и для орфизма с его серебряным Мировым яйцом.

Поэма содержит зрелые представления о геометрии неба. В самом начале поэмы Арат сообщает об оси мира и полюсах:

«... не смещаясь отнюдь, напротив, в недвижности косной
Ось утвердилась; надежно она в равновесии Землю
Посередине хравит и стремится небеса круговратно.
Остиями ограничена ось обоюдосторонне:
Южное скрыто от глаз, супротив обозримо другое –
С севера над Океаном...»

(Явления; строки 22 – 24)

Ближе к середине поэт описывает главные небесные круги – небесный экватор, два тропика и эклиптику, рисуя картину, вполне согласную с современными построениями сферической астрономии. При этом экватор он называет «срединым кругом», небесные тропики «солнцеворотными» или «меньшими» кругами, а эклиптику «наклонным» кругом и «солнцепутьем». Кроме того параллельные друг другу тропики и экватор названы еще и «равнобежными»:

«Трех равнобежных кругов направляется осью вращенье,
Посередине меж них водруженной отвесно. Четвертый
К солнцеворотным кругам прикреплен обоюдосторонне
Наискосок, пополам рассекаемый кругом срединым.
Даже Афиной самой наставленный в деле работник
Лучше бы сладить не смог столь огромные вместе колеса,
Все их на ось насадив и вместе заставив вращаться...»

(Явления; строки 525 – 531)

Эти представления вполне соответствуют времени Евдокса, однако, могли быть известны задолго до него. Ось мира упоминается в орфических гимнах Матери богов, а в гимне Аполлону, кроме того есть намек на небесные круги (струны кифары бога). То есть наличие этих сведений не может служить доказательством позднего происхождения источника данных фрагментов.

Архаичные черты

При внимательном чтении поэмы в ней можно заметить ряд архаичных представлений, которые не могли принадлежать Евдоксу. Это мнения о плоской Земле и делении мира по вертикали на светлую верхнюю «воздушную» и темную «подводную» части. Они вполне соответствуют орфической системе мира, описанной в орфической «Теогонии по Иерониму и Гелланику», но совершенно неприемлемы для Евдокса, признававшего шарообразность Земли.

О том, что в источнике Земля считалась плоской, говорит описание горизонта. Так, описывая небесные круги, Арат называет его «краем мироздания»:

«Эти круги от зари до зари вседневно несутся
И встают, и садятся они сопутно друг другу,
Но на обоих краях мироздания в местах неизменных
Каждый из них от конца до конца заходит и всходит...»

(Явления; строки 533 – 536)

Это представления подтверждаются и наименованием горизонта «Океаном», который представлен в виде темной бездны, охватывающей Землю снизу. Так, закончив описание северного тропика, Арат добавляет:

«Если его поделить на восемь частей, то при свете
Дня над Землей обращаются пять, а три в Океане.»

(Явления; строки 497 – 498)

Имеется аналогичное замечание и о южном тропике:

«Этого круга лишь три в небеса поднимаются части,
Пять таятся в волнах и долгою ночью сокрыты.»

(Явления; строки 509 – 510)

В связи с видимой над горизонтом частью неба упоминается «день», хотя до этого описывалось пересечение тропика с созвездиями, то есть ночное время. Это показывает противопоставление верхней области – «небес» нижней – Океану, который скрывает части небесных кругов, причем заходящие светила оказываются «в волнах» и тьме «долгой (то есть вечной) ночи». Эпитетом обычной ночи, связанной с заходом Солнца, служит слово «стремительный» (строка 453).

В поэме есть и прямые указания на плоскую Землю. Так, говоря о небесном экваторе, Арат называет горизонт «Землей»: «Третий вращается круг, пополам разделенный Землею...» (строка 511). Трудно представить себе сечение небесной сферы шаром вместо плоскости.

Для Евдокса, учившего о шарообразности Земли, горизонт всего лишь плоскость касательная земной поверхности в месте наблюдения, в поэме же – это граница между двумя мирами, в терминах греческой мифологии «ойкуменой» и «тартаром». Однако тартар Гомера и Гесиода не заполнен водой, скорее он похож на подземную бездну, глубина которой равна расстоянию от неба до Земли.

Эти представления подтверждаются фиксацией в поэме наклона тропиков к горизонту. Евдокс определенно знал, что эта величина зависит от географической широты местности наблюдения. Архаичным является и грубое деление небесных кругов на 8 частей.

Таким образом с высокой долей вероятности можно предполагать, что авторы первоисточника считали небо твердым, сферическим, вращающимся, наполовину погруженным в «темный Океан», в котором внутри небесной сферы плавает Земля с плоской поверхностью. Эти представления близки к орфическим и сродни индийскому мифу о Мировом яйце (Брахманде), плававшем в первобытных водах, скорлупа которого стала границей мира. Этот миф, так же как и традиционный греческий о

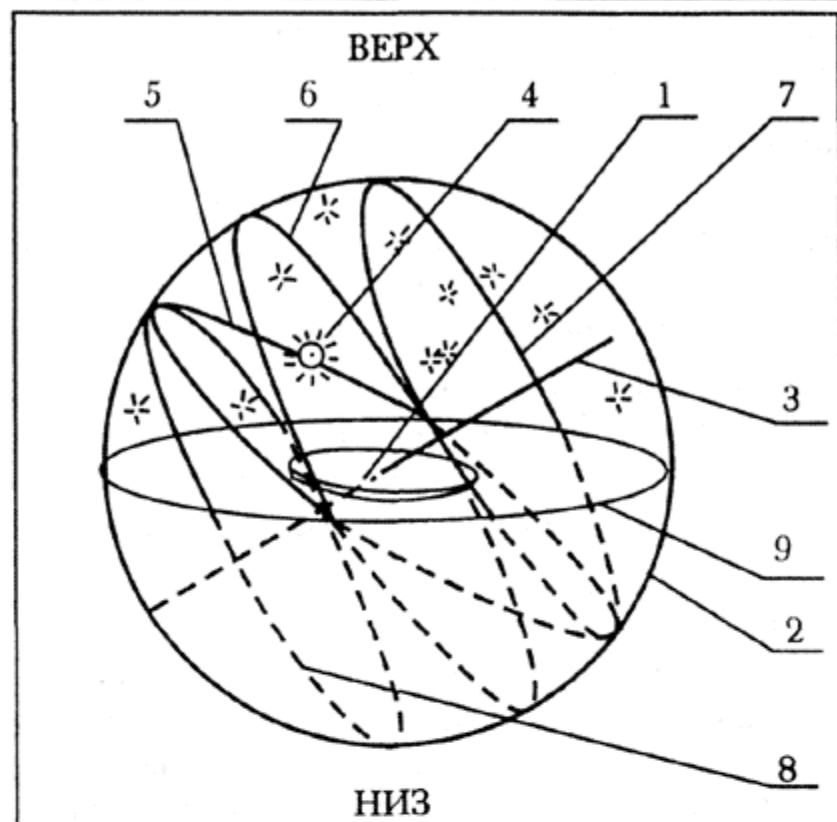


Рис.9. Мир авторов первоисточника поэмы Арата.
 Обозначения: 1 – Земля, 2 – Небесная сфера, 3 – Мировая ось, 4 – Солнце,
 5 – зодиакальный круг, 6 – небесный экватор, 7 – северный тропик,
 8 – южный тропик, 9 – Океан

мировой реке «Океане», связан с представлениями о плоской Земле и существовании абсолютного направления верх-низ. Предположительная схема мира авторов первоисточника поэмы Арата показана на рис.9.

Арат почти повсеместно называет небо Зевсом. Присвоение небу имени верховного божества, вместо, например, бога звездного неба Урана, может означать, что за этим эпитетом стоит нечто большее, чем поэтическая вольность. Исследователи «Явлений» видят здесь влияние стоической философии, обожествлявшей Вселенную, однако можно указать и более древние корни этой традиции. Сохранились сведения и об иранском мифе, где Ормазд творит космос многократно повторяя себя, то есть воплощаясь в него. Отождествление мира с Зевсом имеется и у орфиков. Так что и эта деталь может считаться данью древней традиции.

В поэме также имеется сюжет не характерный для греческой мифологии и, возможно, восходящий к древнеиранской. Описав созвездия Девы, Арат излагает легенду о его появлении на небе. Согласно поэме, Дева – это ушедшая от людей на небо Правда (Дике). Она пребывала с добродетельными людьми золотого племени, к людям следующего, серебряного, иногда являлась, а от людей последнего медного племени ушла. Эта легенда перекликается с аналогичным мифом, который в поэме «Труды и дни» за четыреста лет до Арата изложил Гесиод. Однако можно заметить, что

вариант Арата архаичней гесиодовского. Гесиод после медного племени упоминает еще племя героев и нынешнее «племя железного века», тогда как Арат считает последним медный век. Кроме того людям медного века вменяется грех, о котором Гесиод не знает:

«...И вот народилось
 Медное племя, мужи преступнее бывшие прежних,
 Был ими выкован меч, дорожный убийца, впервые,
 И покусились они на мясо вола-нивопашца»

(Явления; строки 137 – 140).

Этот последний грех – убийство быка – отсутствует у Гесиода, зато упоминается в древнеиранских текстах. Кстати, культ быка существовал в минойское время на Крите.

Отмечая у Арата, ученика Зенона Китийского, черты влияния стоического учения, Г.М.Дашевский во вступительной статье к переводу «Явлений» пишет: «...всупление и последняя часть поэмы излагали учение Ранней Стои о промыслительных знаках божества, понимание которых в принципе совпадало с пониманием естественной казуальной связи» [Небо, наука, поэзия, 1992; с.11].

Действительно, посвященное Зевсу вступление, созвучно с характерным для стоиков обожествлению мира. Арат пишет:

«С Зевса начнем... – он повсюду: им полны дороги,
 Полны собранья людей всевозможные, полно им море
 И берега – мы все и везде обращаемся к Зевсу:
 Мы ведь порода его...»

(Явления; строки 1, 3 – 5).

Но это вступление перекликается и с гимном Зевсу из «Рапсодической теогонии»:

«Зевс владыка и царь, Зевс – всех прародитель единый.
 Стала единая власть и бог-мироправец великий,
 Царское тело одно, а в нем все это кружится:
 Огонь и вода, земля и эфир и ночь со денницей...»

[DK1 В,III, 168, 5 – 9].

Ранняя Стоя была в ряде черт близка к орфикам и пифагорейцам. Так Клеанф, второй skolarch Стои, упрекал Аристарха Самосского в том, что тот сдвинул с места «Очаг Вселенной» – фантастическое светило пифагорейцев, и значит, признавал его существование. То есть не исключено, что обожествление природы, в том числе название небес именем высшего божества, уже содержалось в древнем источнике поэмы.

Характер и судьба источника

Цель поэмы Арата (как и книг Евдокса) была дидактической, и она действительно стала учебным текстом. Вероятно, близким целям служил и ее источник. Действительно, после описание звездного неба даются

данные о пересечении небесных тропиков и экватора с фигурами созвездий. Эти сведения нужны для ориентирования ночью – заходящие экваториальные созвездия указывают запад, восходящие – восток; тропические позволяют приблизительно найти юго-запад, юго-восток и симметричные точки северной стороны горизонта. Дальше излагаются основы звездного календаря и метеорологические приметы. Для лучшего понимания небесных движений приведены элементы сферической астрономии.

Как говорилось, датировки материала поэмы показали, что расположение созвездий, данные об их одновременных восходах и заходах, и сведения о небесных кругах относятся к рубежу 3 – 2 тысячелетий до н.э. Каким же образом к ученому классического периода Древней Греции могла попасть столь подробная информация о результатах наблюдений, сделанных в эпоху Соунхенджа?

Существует, например, мнение, что Евдокс описывал небо по попавшему к нему древнему звездному глобусу. А.Рой предполагает даже существование «навигационных» звездных глобусов, помогавшим морякам отыскивать на небе созвездия, лежащие на экваторе и тропиках. Думаю, что такие приборы были не нужны – для опытного кормчего, способного держать в памяти тысячи примет на побережьях, не составляло труда запомнить два десятка созвездий. Трудно представить и то, чтобы подобное изделие сохранялось столько времени, еще более сомнительно и само существование звездных глобусов за полторы тысячи лет до Евдокса. Можно вспомнить и слова Цицерона, который называл именно Евдокса изобретателем глобуса с изображениями созвездий [Цицерон, 1966; с.14 – 15].

Видимо фиксацию столь конкретной и обширной информации в течение 15 столетий мог обеспечить только текст, вероятно, вначале устный. Скорее всего источник должен был иметь характер религиозного поучения, это объясняет и консервацию его материала, и чрезвычайно долгое бытование. Поскольку астрономическая датировка показала древность основных имеющихся в поэме сведений, и кроме того в ней обнаружены архаичные черты, можно думать, что вмешательство Евдокса в содержание источника было несущественным.

Что же могло послужить мостом между временем Евдокса и минойской эпохой? С большой степенью вероятности можно предположить, что эту роль сыграло религиозное течение, которое в Греции приняло форму орфизма. Выше говорилось о древности корней орфизма и его связи с индий-иранской системой мифов. К проблеме датировки рождения орфической мифологии можно подойти и со стороны сопоставления орфической картины мира с картиной мира поэмы Арата, которая, имеет объективную астрономическую датировку (не позже –2000 г.). Такая датировка материала поэмы подтверждается и находками шведских археологов в развалинах критских святилищ минойской эпохи.

Основные элементы орфической системы мира совпадают с обликом Вселенной Арата. Как говорилось, А.Роем и автором была показана

принадлежность первоисточнику «Явлений» данных о небесных кругах, а значит знания о сферичности неба и других элементах сферической астрономии, отраженных в поэме. В ней нет непосредственных упоминаний о форме Земли, но имеются намеки на то, что она считалась плоской. Вселенная «Явлений» делится по вертикали на светлую верхнюю «воздушную» часть и нижнюю «подводную» – Океан, который представлен в виде темной бездны, охватывающей Землю снизу.

Орфические памятники также рисуют сферический мир с ойкуменой, находящейся в середине плоской поверхности земного круга. Землю обнимает небесная сфера, вечно вращающаяся вокруг нерушимой оси. Согласно «Теогонии по Иерониму и Гелланику» мир орфиков также разделен по вертикали на «светлую» область Геры и Зевса и «темную» Посейдона и Плутона. И орфические тексты и Арат говорят о Земле, окруженной Океаном. Обе картины Вселенной в своей основе совпадают, что указывает на связь первоисточника поэмы Арата с «праорфизмом». Повидимому не существует альтернативы предположению, что сведения о древних астрономических наблюдениях, пересказанные Евдоксом и Аратом, пришли в Грецию именно через орфизм.

Вот одна из возможных версий судьбы первоисточника поэмы Арата. Известна связь с орфическими представлениями Анаксимандра и пифагорейцев (подробнее об этом в гл.3 и 4). Не исключено, что гипотетическое древнее «астрономическое поучение», переведенное на греческий язык, служило одним из священных текстов орфиков.

Согласно сообщению Суды, среди сочинений Анаксимандра имелась книга «О неподвижных звездах» [DK12, A2]. Возможно, ее основой был этот орфический текст. Сочинение Анаксимандра или само орфическое «поучение» могли цениться пифагорейской школой. Есть сообщение, что Евдокс учился астрономии у пифагорейца Архита Тарентского (ок. 400 – 365 до н.э.). [Диоген Лаэртский, 1979, с.333, VIII, 86]. Возможно, у своего учителя Евдокс и получил копию источника, текст которого позже использовал при написании своих книг.

Таким образом зарождавшаяся античная наука получила через орфизм достаточно зрелые астрономические понятия в виде послания из глубокой древности.

Глава 3

МИР ПЕРВОГО ФИЛОСОФА ПРИРОДЫ

Анаксимандр

Анаксимандр Милетский (ок. 611 – 546 до н.э.) самый ранний из античных философов, о системе мира которого сохранилось сравнительно много сведений. Видимо, он первым изложил свои взгляды на мир в книге «О природе», за которой последовали аналогичные сочинения других мыслителей. Мнение о мире Анаксимандра опиралось на два принципа, которые в дальнейшем разделились и разрабатывались философами разных направлений. Первый принцип, который условно можно назвать «математическим», провозглашал упорядоченность и гармоничное строение космоса; он был воспринят пифагорейцами, Платоном и их последователями. Второй – «физический», состоял в признании единства материи Вселенной закономерность ее возникновения; эта сторона идей философа нашла отражение в трудах Анаксимена, Эмпедокла, Анаксагора и атомистов.

В византийском словаре «Суда» об ученом сказано: «Анаксимандр, сын Праксида, милетец, философ; родственник, ученик и приемник Фалеса. Первым открыл равноденствие, солнцевороты, изобрел часы и установил, что Земля находится в самом центре. Еще ввел гномон и дал общий очерк геометрии. Написал «О природе», «Землеописание», «О неподвижных звездах», «Сферу» и другое.» [DK12, A2].

Это перечисление заслуг Анаксимандра позволяет считать его не только мудрецом-философом, но и разносторонним ученым, основоположником греческой научной литературы. Сообщения о том, что он «первым открыл равноденствия» и т.д. очевидно следует понимать в том смысле, что все это было им впервые описано. К «изобретениям» Анаксимандра историк философии III в. Диоген Лаэртский относит также небесный глобус (сферу) и географическую карту. Для нас особенно важно, что Анаксимандр занимался геометрией и астрономией.

По-видимому философ, как и его учитель Фалес, активно участвовал в гражданской жизни и не был домоседом. Это следует из сообщения Эллиана о том, что Анаксимандр руководил экспедицией по основанию милетской колонии Аполлонии на Черном море (современный Созопол в Болгарии) [DK12, A3]. Он был современником прославленного афинского политика Писистрата; при нем по соседству с Милетом произошло возвышение самосского правителя Поликрата, не ужившись с которым переселился в Италию Пифагор (кстати, Апулей сообщает, что Пифагор в молодости посещал Анаксимандра).

Философ был юношей, когда царь Навуходоносор захватил Иерусалим и увел в Вавилон пленных поклонников Яхве, а в конце жизни он должен был следить за тем как удачливый вождь персов Кир завоевывает Лидию, в состав которой в это время входил его родной Милет. Наконец, всего десяток лет он не дождался до библейского «пира Волтасара», проходившего накануне захвата Вавилона Киrom и рождения могущественной империи Ахменидов.

Эти события выбраны не случайно, они связаны с мифологическими традициями, о которых пойдет речь. Писистрат стал покровителем орфического поэта и проповедника Ономакрита, который вероятно был автором многих произведений, приписывавшихся Орфею. В вавилонском плену библейский пророк Иезекииль описал таинственное видение, полное астральных символов. Не менее важны и космологические представления древних персов. Наконец Пифагор, правда уже после смерти Анаксимандра, создал в Италии религиозно-философскую общину, во многом близкую к орфизму. И.Д.Рожанский в книге «Развитие естествознания в эпоху античности» так пишет о философе:

«Обладая не столько аналитическим, сколько конструктивно-синтетическим умом, Анаксимандр построил первую законченную модель космоса, сплавив воедино многие разнородные элементы, в числе которых были и древние космогонические легенды, и идеи, почерпнутые в странах востока, и традиционные народные представления... В итоге упорной длительной работы милетского мыслителя перед греками VI в. до н.э. предстал образ космоса (неважно, что Анаксимандр не называл его так!) – космоса, который подобно живому существу зарождается, растет и развивается под действием противоборствующих стихийных сил, где все противоположности, все стихии оказываются подчиненными мировому закону равновесия и справедливости, где царствует число и гармония» [Рожанский, 1979, с.158 – 159].

Эта общая характеристика вполне справедлива, но ряд конкретных черт мировоззрения Анаксимандра остается неясным. Сведения о нем сохранились только у поздних авторов – в основном у Ипполита, Псевдо-Плутарха и Стобея. Данные источников фрагментарны, частично противоречивы и допускают разные толкования. Я позволил себе предложить новый вариант реконструкции космогонии и системы мира философа, опираясь на параллели его представлений с элементами иранской, орфической и библейской мифологии. В процессе работы выяснились и дополнительные связи между этими мифологическими традициями.

Анаксимандр предстает перед нами как могучий рационалистический ум. Трудно поверить, чтобы философ мог допустить в своих построениях крупные логические просчеты. Более вероятно, что противоречия в данных источниках явились результатом ошибок толкователей, писавших много столетий спустя, когда, возможно, само сочинение Анаксимандра было утеряно.

Вселенная Анаксимандра представляется уникальной; из более поздних философов только Парменид частично принял ее, причем в той части своей поэмы, где излагал чужие мнения. Но есть вероятность, что ее уникальность кажущаяся, что философ «конструировал» свой мир только отчасти, приняв бытовавшую в ту пору его мифологическую модель вместе с исходной точкой происхождения. Похоже, что он видел задачу не в построении «законченной модели космоса», а в объяснении эволюции Вселенной от мифа о ее начале к мифу о ее наличном устройстве на основе разумных «физических» представлений, без вмешательства божественных сил.

Земля и светила

Мнение философа о Земле поражает воображение. Ипполит сообщает о ней:

«...Земля – парящее тело, ничто ее не держит, она же остается на месте вследствие равных расстояний от всех [точек периферии космоса]. Форма у нее округлая, подобная барабану каменной колонны: из [двух] плоских поверхностей, по одной ходим мы, а другая ей противоположна»

[DK 12, A11].

Псевдо-Плутарх уточняет, что «высота ее составляет треть ширины» [DK 12, A10]. Приведенное свидетельство не уточняет от чего именно равноудалена Земля, но ясно, что она является центром симметрии мира. Представление Анаксимандра о «парящей Земле» является смелым, можно сказать, революционным шагом. Тогда и много позже всеобщей была убежденность, что Земля нуждается в опоре. Учитель Анаксимандра Фалес считал ее плавающей, в орфической «Теогонии по Иерониму и Гелланику» она как бы «лежит» на нижней части небесной сферы, у Анаксимена и Анаксагора опирается на сжатый воздух. Наиболее радикальное решение опоры Земли предложил Ксенофан, утверждавший, что «...внизу Земля простирается своими корнями в бесконечность» [DK 21, B47]. То есть его бесконечная Вселенная делилась на «земную» и «небесную» половины. Отмечая, что традиционно греки представляли мир разделенным на горизонтальные области, И.Д.Рожанский пишет:

«У Анаксимандра уже нет намека на подобную картину мира. Вертикальная структура мира заменена у него сферической. Вселенная Анаксимандра окружена огненной оболочкой, все точки которой в принципе равноценны... Этот цилиндр висит неподвижно в пространстве... ибо находится на одинаковом расстоянии от всех точек периферии космоса, и у него нет причин двигаться в каком-либо направлении, поскольку все эти направления равноценны»

[Рожанский, 1979, с.138].

Еще более оригинально были по Анаксимандру устроены светила. Они являлись не отдельными небесными телами, а просветами, через которые виден огонь. Философ утверждал, что Землю окружают как бы их материализованные орбиты – исполинские трубчатые кольца, полные огня. Согласно описанию Стобей, светило подобно: «колесничному колесу,

имеющему полый обод, наполненный огнем, в определенном месте обнаруживающий огонь через устье...» [DK12, A21].

Кольца состоят из непрозрачного затвердевшего воздуха (аэра). Стобей упоминает, что круги Солнца и Луны расположены наклонно, очевидно, здесь отмечен наклон эклиптики по отношению к небесному экватору [DK12, A22]. Об этом же пишет Ипполит:

«Светила возникают в виде круга огня, отделившись от огня в космосе, и охваченные аэром, отдушниками же служат некие трубковидные проходы, через которые виднеются светила, поэтому, когда отдушники закрываются, происходят затмения. Луна видна то полной, то ущербной вследствие закрытия или открытия проходов»

[DK12, A11].

В этом же сообщении Ипполита есть данные о размерах кругов светил; он сообщает: «Круг Солнца в двадцать семь раз больше (диаметра Земли) [DK12, A11]. Аналогичное сообщение имеется в сборнике «Мнения философов». В нем о Солнце у Анаксимандра сказано, что это: «круг в двадцать восемь раз больший Земли.» Там же о размерах Солнца говорится: «Солнце равно Земле, а круг, из которого оно имеет отдушину... в двадцать семь раз больше Земли». Луна согласно этому же источнику «круг в девятнадцать раз больший Земли...» [DK12, A21].

П.Таннери высказал убедительное предположение, что размеры 27 и 28 соответствуют внутреннему и внешнему диаметрам круга Солнца, а внутренние диаметры кругов планет Луны и Солнца составляют 9, 18 и 27 диаметров Земного цилиндра [Рожанский 1979, с.140]. Таким образом кольца расположены на равных расстояниях, которые кратны 3. Таким же названо и отношение диаметра Земли к ее толщине.

Долгое время мнение Анаксимандра о природе светил – наиболее интригующая деталь его системы мира считалась уникальной, однако в 1971 г. М.Л.Уэст обнаружил подобие космических колец философа в библейской мифологии. В книге «Ранняя греческая философия и Восток» ученый указал на сходство некоторых черт системы мира Анаксимандра с деталями видения его старшего современника библейского пророка Иезекииля [West, 1971, с.88 – 89]. Видение посетило пророка на пятый год вавилонского плена (то есть в 542 г. до н.э.), в двух тысячах километрах от Милета, когда Анаксимандру было около тридцати лет.

Среди прочего Иезекииль описывает четырех крылатых четырехликих «животных» (херувимов) и четыре концентрически расположенных колеса, между которыми помещался огонь. Пророк пишет:

«И вот на земле подле этих животных по одному колесу перед четырьмя лицами их. Вид и устройство их – как вид топаза... и по виду и по устройству казалось, что колесо находится в колесе... А ободья их высоки и страшны они были; ободья у всех четырех полны были глаз. И когда шли животные, шли и колеса подле их, а когда животные поднимались от земли, тогда поднимались и колеса»

[Библия. М., 1976; Иез.1, 15 – 19].

Немного раньше о движении херувимов говорилось: «И животные быстро двигались туда и сюда, как сверкает молния» [Иез.1,14]. Об огне между колесами пророк упоминает в описании второго видения [Иез.10,7].

Эта запутанная картина метаний херувимов и колес проясняется, если подразумевать, что движение относится не к самим колесам, а к местам их краев, на которых находятся херувимы. Тогда становится ясно, что здесь Иезекииль не очень умело описывает вращение колес вокруг оси. Так это место трактует и М.Л.Уэст, на это же намекает и сам пророк, сообщая, что: «К колесам сим... сказано было "гагал" (вихрь)» [Иез.10,13]. Любопытно, что подобная ситуация встречается и в «Рапсодической теогонии» орфиков. Там Мировое яйцо «носится по безграничному кругу», а Фанес мечется «на золотых крыльях семя и овамо» [DK1, III, 71, 78]. В то же время в «Теогонии по Иерониму и Гелланику» определенно говорится об осевом вращении яйца.

Ясно, что пророк описывает мироздание. Херувимы касаются крыльями некоего свода «из изумительного кристалла», на котором стоит престол Бога (это напоминает цитированный рассказ о Фанесе, восседающем на вершине небосвода). Колеса Иезекииля, как и кольца Анаксимандра, расположены наклонно. Они и «на земле» и «поднимаются от земли». При этом их ободья названы высокими; если бы колеса стояли вертикально, уместнее было бы сказать, что они широки. Четыре колеса Иезекииля можно сопоставить с четырьмя «слоями» небес иранского мифа, описанного в Бундахишне, который будет рассмотрен ниже.

Было бы наивно искать точных соответствий между описанием мистического видения и астрономической гипотезой. У Анаксимандра на месте «топазовых колес с высокими ободьями» находятся «подобия полых ободов колесничных колес, наполненных огнем». Расположенным на ободьях глазам – символам всеведения Бога, глядящего на мир глазами светил, соответствуют «устья» из которых происходят «извержения огня». Тем не менее сходство достаточно велико.

Таким образом, не исключено, что Анаксимандр не конструировал мир, а описал его известную тогда мифологическую картину. Стоит вспомнить и «семикратные пояса», упоминаемые в орфическом гимне Звездам.

Сфера звезд

Если строение Луны и Солнца источники описывают достаточно определенно, то относительно звезд ясность отсутствует.

Привлекает внимание необычное расположение звезд у Анаксимандра. Ипполит сообщает: «...выше всего находится Солнце, ниже всего – круги неподвижных звезд» [DK12, A11]. Стобей помещает там еще и планеты, добавляя, что звезды Анаксимандра: «колесообразные свалывшиеся сгустки аэра, полные огня, в определенном месте выдыхающие из устьев пламя», то есть имеют ту же природу, что Солнце и Луна, и кроме того пишет, что светила «движимы кругами и сферами, к которым каждое

прикреплено» [DK12, A18]. Это упоминание Стобея о «сферах», единственное по отношению к Анаксимандру, однако оно не согласуется с его же предыдущим сообщением, так что неясно, что он имел в виду.

В этой картине, однако, содержится вопиющее противоречие. Расположение неподвижных звезд ближе к Земле, чем кругов Луны и Солнца, трудно совместить с мнением философа о природе светил. Звезды покрывают все небо, и если у каждой звезды есть свой круг, отмечающий ее орбиту, то бесчисленные звездные круги неизбежно должны составить что-то вроде потолка из непрозрачных «колесообразных сгустков аэра» или сплошную сферу с отверстиями.

Но такая непрозрачная оболочка, расположенная к Земле ближе других светил, скрыла бы от земных наблюдателей Солнце и Луну! Вряд ли Анаксимандр мог не заметить такой очевидной вещи. Остается предположить, что сообщения источников – результат ошибки, что ниже круга Луны Анаксимандр помещал только круги «блуждающих звезд» – планет. Возможно, он недостаточно ясно об этом сказал, может быть, описание звездной сферы содержалось в упоминавшейся книге «О неподвижных звездах», которая, как полагает И.Д.Рожанский, была одной из частей сочинения «О природе». Не исключено, что она была рано утеряна. Однако ясно, что неподвижные звезды по логике вещей должны были занимать внешнюю оболочку мира.

Хотя непосредственных сообщений о звездной сфере не сохранилось, в этом смысле можно истолковать намек Ипполита на то, что Земля равноудалена от периферии космоса. И.Д.Рожанский справедливо отметил, что сферическая Вселенная Анаксимандра окружена огненной оболочкой (это следует из космогонии философа). Но огонь должен быть отделен от внутренней части мира, иначе он будет видим. Таким образом есть веские основания предполагать, наличие в системе мира философа сферы неподвижных звезд.

Еще большую уверенность в наличии у Анаксимандра цельной сферы звезд дает сопоставление деталей его системы мира с иранскими мифологическими представлениями. Давно было отмечено совпадение порядка расположения светил у Анаксимандра и в иранской мифологии, которые больше нигде не встречаются. Такой порядок назван в упоминавшемся пехлевийском сочинении «Бундахишн». Там сообщается: «Ормазд создал светила и поместил их между небом и Землей: неподвижные звезды, подвижные звезды, затем Луну, потом Солнце» [Дрезден, 1977, с.343]. Этот порядок совпадает с сообщением Стобея о светилах Анаксимандра. Причем, если считать звезды отдельными светилами, например, прикрепленными к прозрачной сфере, а не отверстиями в оболочке, загораживающей огонь, их расположение ближе Солнца и Луны не противоречит логике. Однако, в следующей же фразе Бундахишна говорится о другом расположении звезд: «Он (Ормазд) создал сперва небесную сферу и разместил на ней неподвижные звезды...» [там же]. Очевидно, расхождения отражают разные варианты мифа.

Внешняя звездная сфера присутствует и в наиболее раннем изложении иранского мифа о сотворении неба, которое сохранил Плутарх. Оно содержит и данные о соотношениях космических расстояний. В сочинении «Об Изиде и Осирисе» Плутарх пишет:

«...Персы рассказывают о богах много сказочного, например следующее: Ормазд, произошедший из чистейшего света, и Ахриман, произошедший из тьмы, ведут друг с другом войну. И Ормазд создал шесть богов... Ахриман же сотворил равное им число соперников. Затем Ормазд, троекратно увеличившись, удалился от Солнца настолько, насколько Солнце удалено от Земли, и украсил небо звездами...»*

[Плутарх, 1977, с.234].

Как видим, здесь звезды помещены вдвое дальше орбиты Солнца. Наличие в системе Анаксимандра звездной сферы подтверждается ее присутствием практически во всех античных системах мира, включая орфическую, пифагорейскую и даже сторонников идей бесконечности Вселенной и множественности миров, последователей Демокрита. Атомисты считали, что миров много, но каждый из них имеет собственную твердую небесную сферу. К примеру поздняя, восходящая к Демокриту, система мира Эпикура имела твердую границу, окруженную огнем. Об этом в поэме «О природе вещей» упоминает Лукреций. Восхваляя Эпикура, поэт пишет, что тот вышел: «... далеко за предел ограды огненной мира» [Лукреций, 1983, I,74].

Таким образом предположение о наличии в системе мира Анаксимандра твердой сферы, отделяющий внешний огонь от его внутренней области представляется достаточно обоснованным. Эта сфера должна была иметь «звезды», очевидно в виде многочисленных мелких отверстий, пропускавших частицы огня.

Космогония

Источники сообщают, что Анаксимандр построил логически обоснованную теорию возникновения Вселенной, хотя и не содержит о ней достаточно подробных сведений. Наиболее информативное сообщение о космогонии философа принадлежит Псевдо-Плутарху, который пишет:

«Анаксимандр... сказал, что абсолютная причина Вселенной – бесконечное, из которого выделались небосводы и вообще все бесконечные космосы. Он утверждал, что совершается гибель [миров], а намного раньше [их] рождение, причем испокон бесконечного веку повторяется по кругу одно и то же... Он говорит, что при возникновении этого космоса из вечного выделилось (гонимон) нечто чреватое горячим и холодным, а затем сфера пламени обросла вокруг окружающего Землю аэра, словно кора вокруг дерева. Когда же она оторвалась и была заключена внутри неких кругов, возникли Солнце, Луна и звезды»

[DK12, A10].

* В тексте Ормазд назван Громадэом, а Ахриман Ариманием.

Важно, что в аналогичном фрагменте Ишполита эта породившая мир сущность названа еще «вечной и нестареющей» [DK12, A11].

Еще в древности сложилась традиция считать «беспредельное» («апейрон») Анаксимандра некой субстанцией, подобной «воде» Фалеса, «воздуху» Анаксимена, «огню» Гераклита. Толкование этого термина вызвало и вызывает дискуссии; наиболее приемлемой мне представляется трактовка А.В.Лебедева, которую он изложил в работе «ТО ΑΠΕΙΡΟΝ: не Анаксимандр, а Платон и Аристотель» [Лебедев, 1978]. Там ученый показал, что, возможно, прилагательное «апейрон» («беспредельный») отрезано поздними толкователями от определявшегося им понятия, которым было Беспредельное нестареющее Время (Хронос агерос апейрос).

В орфизме определения «беспредельный», «вечный» и «нестареющий» являются постоянными эпитетами Хроноса – прародителя Вселенной. Тем самым исходная точка космогонии Анаксимандра может быть сведена к орфическим и иранским мифам. И тут и там началом всего считалось Время. У орфиков, согласно «Рапсодической теогонии» оно именовалось бесконечным нестареющим Хроносом, в иранских мифах Зерваном Акарна (бесконечным). Как отмечает А.В.Лебедев, в архаических представлениях Время понималась как неизменная нестареющая сущность, в этом отношении противоположная миру. Мало того, Хронос считался не только временем в нашем смысле, но обладал пространственной протяженностью и движением. В мифологии время, состоящее из дней, месяцев и лет, периодически приходящих в исходную точку, считалось вращающимся (можно вспомнить «колесо Каль», атрибут индийского божества времени).

Согласно реконструкции А.В.Лебедева, фраза Псевдо-Плутарха: «...из вечного выделилось нечто чреватое горячим и холодным», у Анаксимандра могла звучать гораздо более мифологично: «Беспредельный нестареющий Хронос выделил (гонимон) семя огня и воды». Слово «гонимон» часто употреблялось в смысле выделения семени (гонос) или яйца, обозначавшегося тем же словом. Исследователь считает, что слова Псевдо-Плутарха о «выделении бесконечных космосов» следует понимать в том смысле, что мир, в отличие от вечно молодого Времени, подобно живым существам проходит путь от рождения к гибели, после чего Время творит новый.

Таким образом начало творения у орфиков, как и у Анаксимандра, связывается с появлением двух противоположных начал – света (Эфира или Фанеса) и тьмы (Ночи), которые соответствуют «горячему» и «холодному» Псевдо-Плутарха, или в физической трактовке «огню» и «воде».

Сохранившихся в источниках сведений явно недостаточно для детальной реконструкции процесса рождения Вселенной. Предположительно этот процесс можно представить так:

Первоначально вещество зарождающейся Вселенной, состоявшее из противоборствующих начал – «огня» и «воды», занимало компактную шаровидную область. Оно находилось во вращении, из-за которого в центре

вихря образовалась цилиндрическая твердая Земля. Аристотель упоминает, что все философы, признающие рождение космоса, видят причину: «почему Земля собралась в центр», «основываясь на [наблюдении вихрей], происходящих в жидкости и в воздухе: в них более крупные и более тяжелые тела всегда устремляются к центру вихря» [DK12, A12a]. Вокруг Земли собралась вода, за ней воздух, еще дальше – огонь.

Индо-иранский и орфический мифы указывают по крайней мере на две стадии миротворения – первоначальное образование небесной сферы (Мирового яйца), а затем внутри него остальных элементов мира. Тот же порядок событий описан в орфической «Теогонии по Иерониму и Гелланику». В иранском мифе, как и у Анаксимандра, выдерживается принцип увеличения яркости светил по мере их удаления от Земли. Иранский миф объясняет это особенностью дороги праведной души на небо. В пехлевийской книге «Менок-и-Харт» описано как душа поднимаясь по мосту Чинват, с первым шагом вступает на «небеса благих мыслей» (планет), со вторым – на «небеса благих слов» (Луны), с третьим на «небеса благих деяний» (Солнца), «а с четвертым достигает Бесконечного Света, который весь – блаженство» [Дрезден, 1977, с. 360].

Очевидно, Анаксимандру, принявшему тот же порядок светил, требовалось его «физическое» объяснение. Можно предположить, что для этого философ ввел гипотезу, согласно которой воздух (аэр) под действием огня сгущается и теряет прозрачность. Такое предположение соответствует цитированным словам Псевдо-Плутарха: «...сфера пламени обросла вокруг окружающего Землю аэра, словно кора вокруг дерева». Здесь «корой» назван огонь, но скорее это следствие краткости сообщения, и речь идет о некой оболочке, в которую огонь, оказавшись на периферии зародыша мира, превратил ближний к нему слой воздуха в «аэр». Так Вселенная оделась своеобразной, вероятно, еще не полностью затвердевшей скорлупой.

Из другого сообщения Псевдо-Плутарха известно, что огонь «высушил большую часть первичной влаги» [DK12, A27]. Можно думать, что испарения стали распирают скорлупу аэра, и «она оторвалась» – то есть оболочка раздулась, оттеснив наружу основную массу огня. Так возникло, предполагаемое в данной реконструкции, твердое небо неподвижных звезд, отделившее наш мир от огненной области, соответствующей Бесконечному Свету иранского мифа и Эфиру орфического.

Затем образование небесных тел многократно повторялось по тому же сценарию, но поскольку огня и затвердевшего аэра становилось все меньше, на полную сферу его не хватало. Поэтому аэр свертывался, заключая огонь «внутри неких кругов». Масштабы событий и размеры кругов последовательно уменьшались, становился слабее и скрытый ими огонь. Так одно за другим возникли кольца Солнца, Луны и блуждающих звезд, причем принцип уменьшения яркости светил по мере их приближения к Земле получил рациональное объяснение.

Тем временем Земля избавлялась от лишней влаги и становилась пригодной для жизни. Заключительным штрихом космогонии Анаксимандра стала идея самозарождения жизни, причем ее ранние представители были непохожи на современных. В сборнике «Мнения философов» говорится:

«Первые животные были рождены во влаге, заключенные внутри иглистой скорлупы; с возрастом они стали выходить на сушу и, после того как скорлупа лопнула и облупилась, они прожили недолгое время». В сообщении Плутарха: «...люди первоначально зародились внутри рыб; были вскормлены подобно акулам и только после того, как оказались в состоянии прийти на помощь самим себе, вышли наружу и достигли земли»

[DK12, A30].

Предлагаемый вариант космологического сценария Анаксимандра можно представить в виде следующей схемы:

Этапы космогонии Анаксимандра

(в скобках приведены соответствующие фрагменты источников).

1. Зарождение:

Вечное нестареющее беспредельное Время выделяет противоборствующие сущности «горячее» и «холодное», возможно, «Огонь» и «Воду» («...из вечного выделилось нечто чреватое горячим и холодным» [DK12, A10]).

2. Формирование заготовки мира:

Стихии подхвачены вращением времени; в вихре вещество разделяется – в центре оказывается тяжелое (земля), она окружена слоями воды, воздуха и огня; огонь сгущает внешний слой воздуха, образуя оболочку из аэра. (Это [вихревое движение] и объясняет, почему «Земля собралась в центр» [DK12, A12a]. «...затем сфера пламени обросла вокруг окружавшего землю аэра, словно кора вокруг дерева» [DK12, A10]).

3. Разделение неба и Земли:

Давление паров высыхающей влаги распирает внешнюю оболочку, она раздувается, образуя небо звезд. Между небом и землей остается пространство, заполненное воздухом и остатками огня. («...море – остаток первичной влаги, которую высушил огонь» [DK12, A27]. «она [сфера пламени] оторвалась» [DK12, A10]).

4. Образование «кругов» Солнца, Луны и планет:

Оставшийся огонь снова образует кору из аэра, но его не хватает на цельную сферу, и она сворачивается в «круг», заполняясь огнем. Процесс повторяется несколько раз во все убывающих масштабах. («...когда... [сфера пламени] оторвалась и была заключена внутри неких кругов, возникли Солнце, Луна и [блуждающие] звезды» [DK12, A10]).

5. Возникновение жизни:

(«Первые животные были рождены во влаге, заключенные внутри илстой скорлупы... [животные возникли] из нагретой воды с землей» [DK12, A30]).

Вариант реконструкции системы мира

Как говорилось, согласно П.Таннери, внутренние диаметры кругов планет, Луны и Солнца соответственно составляют 9, 18 и 27 диаметров Земного цилиндра [Рожанский 1979, с.140]. Таким образом кольца расположены на равных расстояниях, которые кратны 3.

Эти же соотношения (равные расстояния между орбитам) обнаруживаются и в цитированном отрывке Плутарха, посвященном Ормазду. Именно так толкуются слова о том, что «Ормазд троекратно увеличился», так как после этого оказался на уровне Солнца. То есть его «увеличения» означали последовательное создания небес (или орбит) планет, Луны и Солнца.

Дальше, согласно мифу, он: «удалился от Солнца настолько, насколько Солнце удалено от Земли, и украсил небо звездами». То есть расстояние от Солнца до сферы звезд равно расстоянию от центра мира до Солнца. Распространение этих пропорций на систему мира Анаксимандра позволяет считать, что диаметр неба звезд у него был равен удвоенному диаметру круга Солнца, то есть 54 диаметрам Земли. Предложенная схема системы мира Анаксимандра показана на рис.10.

Косвенным подтверждением этой реконструкции может служить обнаружение сходных с Анаксимандровыми соотношений космических расстояний в других античных системах мира. Указанные Плутархом отношения размеров Вселенной иранского мифа сводятся к тому, что радиус неба звезд равен 6 «долям» (расстояниям между «небесами» планет, Луны и Солнца). У Анаксимандра основная «мера» космоса равна 9 диаметрам Земли, поэтому поперечник его мира кратен уже и 6 и 9. Возможно, эти пропорции были данью какой-то живой в то время мифологической традиции.

Можно отметить совпадение отношения расстояний от Луны до предполагаемой сферы звезд Анаксимандра с их отношением у Эмпедокла. В сборнике «Мнения философов» сказано: «По Эмпедоклу расстояние от Луны до Солнца в два раза больше, чем от Луны до Земли» [DK31, 377 (A61)]. Поскольку Эмпедокл считал Солнце отражением огня во внешней сфере, то речь идет о расстояниях от Земли до Луны и неба звезд, причем небо в 3 раза дальше, чем Луна. Такое же отношение между этими расстояниями получается и в системе Анаксимандра. У него диаметр круга Луны равен 18, а внешней сферы предположительно 54, то есть в 3 раза больше.

Возможно эта же традиция отражена в ряде расстояний «гармонии сфер» Платона – сумма частей этого ряда 1,2,3,4,9,8,27, также составляет 54. Платон, повидимому, придерживался и идеи о равенстве расстояний от последней планетной сферы до сферы звезд (подробнее об этом в главе 5). Не исключено, что у древних приверженцев мифологии Мирового яйца эта идея возникла из пропорций птичьего яйца, где радиус скорлупы приблизительно вдвое больше радиуса желтка, который мог ассоциироваться с Солнцем.

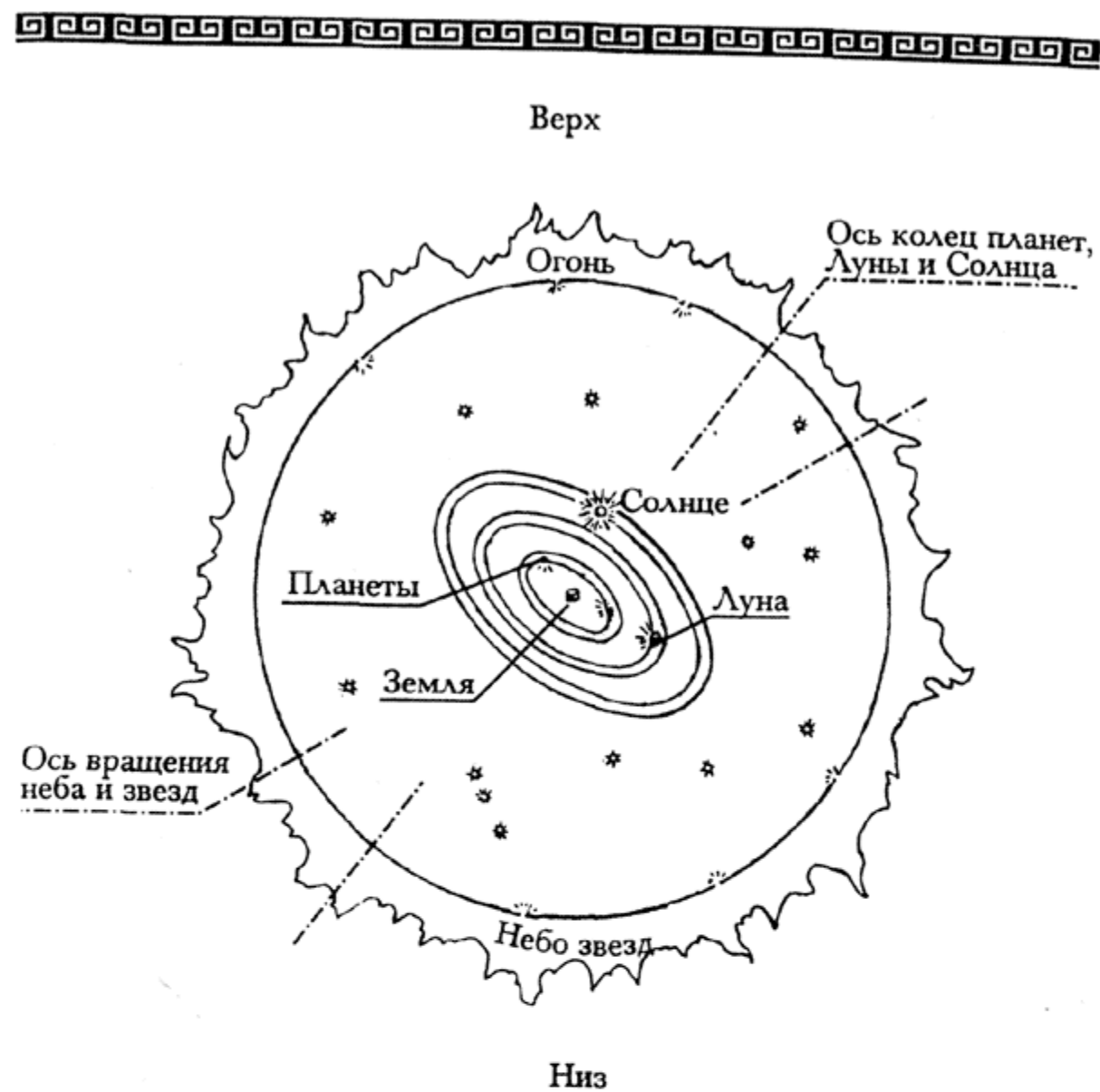


Рис.10. Реконструкция системы мира Анаксимандра. Размеры элементов: диаметр Земного цилиндра – 1, высота – 1/3, внутренние диаметры колец: планет – 9(?), Луны – 18, Солнца – 27, сферы звезд – 54(?)

Можно заметить и сходство соотношений размеров Вселенной иранского и орфического мифов. Как говорилось, по Плутарху диаметр мира равен 12 «долям» (зазорам между «небесами»). Намек на то, что подобные «математические» соображения существовали и у орфиков, есть в «Рапсодической теогонии». Сохранилось сообщение Прокла о том, что: «[скипетр Фанеса -] в двадцать четыре меры» [DK1 В,Ш, 157]. Скипетр здесь может быть истолкован в качестве Мировой оси, разделенной на 24 отрезка. Неясно, что они обозначают, но и иранская и Анаксимандрова конструкции космоса прекрасно укладываются в эту сетку, поскольку во всех случаях диаметр мира кратен трем. Возможно, это соотношение принадлежит не орфической, а ранне-пифагорейской мифологии.

Хронос, Фанес и херувимы

Кроме отмеченного М.А.Уэстом сходства космических кругов Анаксимандра с «колесами» Иезекииля имеется и поразительное сходство описанного пророком облика херувимов с орфическими представлениями об облике Хроноса и Фанеса. При этом наиболее важно совпадение в деталях, которые вряд ли могут быть случайными. Облик орфических богов сохранили не только тексты, но и рельефные изображения из митраистских святилищ последних веков Римской империи. Поклонники Митры, как это видно из посвященных надписей, нередко отождествляли Митру с Зерваном (Хроносом) и Фанесом. Их изображения, сделанные через много столетий после Анаксимандра, содержат интересные дополнительные детали.

В «Теогонии по Иерониму и Гелланику» описан Хронос, который: «являет собой Дракона (Змея) с присосшими головами быка и льва, а посередине – лик бога. На плечах у него крылья, имя ему нестареющий Хронос, он же Геракл» [DK1, BIV, 54]. На одном из рельефов храма Митры в Риме изображен Зерван-Хронос (рис.11). Это человек с головой льва, стоящий на порожденной им Мировой сфере. Вокруг бога времени кольцами обвита змея, можно предположить, что она составляет часть его тела, как и описано в теогонии. В руке Хроноса скипетр, имеющий с двух сторон одинаковые набалдашники – возможно, это «скипетр небесной оси». Из-за спины персонажа выглядывают четыре крыла.

В той же теогонии есть описание Фанеса. Это: «бестелесный бог с золотыми крыльями на плечах, у которого по бокам были присосшие головы быков, а на голове – чудовищный змей, принимающий всевозможные обличья зверей» [DK1, BIV, 54]. Фанес «Рапсодической теогонии», возможно, более древней, также имеет золотые крылья, но только две головы – быка и льва. Упоминается исходящий от него «невероятный свет» [DK1, B, III, 76 – 79].

На одном из рельефных изображений Фанеса из Моденского музея (рис.12) показан юноша, который стоит внутри Мирового яйца, обозначенного знаками зодиака. В руках у него факел и скипетр, похожий на скипетр Хроноса и пересекающий Яйцо, возможно, Мировая ось. Над головой Фанеса ореол пламени, еще выше змея голова. Змея здесь – самостоятельное существо, которое обвивает тело божества. Из его боков, как и указано в «Теогонии по Иерониму и Гелланику» вырастают головы трудно распознаваемых животных, на груди, видимо, голова льва. У него только два крыла. Особое внимание стоит обратить на растущие из плеч бычьи рога и раздвоенные копыта вместо ступней.

М.Папафанассио, анализирующая этот барельеф в специальной статье, считает копыта Фанеса козлиными, означающими его отождествление с Паном, но представляется, что бычьи рога свидетельствуют в пользу также бычьих копыт [Parathanassiou, 1991]. Барельеф из Англии показывает Фанеса, появляющегося из нижней половинки скорлупы яйца, часть скорлупы видна на его голове. Он бескрыл, а в поднятых руках держит хвост и шею змеи. Возможно, его крылья просто еще не «развернулись». Таковы черты главных орфических божеств.



Рис.11.
Митра-Зерван-Хронос.
Барельеф из митраистского
святилища, Рим



Рис.12. Барельеф с изображением Митры-Фанеса
внутри Мирового яйца из Моденского музея

Иезекииль в своей книге говорит о херувимах несколько раз. При описании воображаемого храма упоминаются в качестве деталей украшения «двуликие» херувимы (с головами человека и льва) [Иез.41, 18 – 19]. В остальных случаях речь идет о «четырёхликих». Наиболее подробно описаны именно херувимы, связанные с «космическими» кольцами. Иезекииль пишет:

«Облик у них был как у человека, и у каждого из них четыре лица и... четыре крыла; и ноги их – ноги прямые, и ступни ног – как ступни ног у тельца, и сверкали, как блестящая медь... И руки человеческие были под крыльями их... Подобия лиц их – лице человека и лице льва с правой стороны, а с левой лице тельца... и лице орла у всех четырех. И лица их и крылья их были разделены...»

[Иез.1, 4 – 12].

Отметим ряд совпадений – присутствие голов быка и льва (как у Фанеса «Рапсодической теогонии»), четыре крыла (как на изображениях Зервана-Хроноса), наконец, – ноги тельца, показанные на барельефе Фанеса из Модены. Кроме того херувимы, подобно Фанесу, излучают свет. Четыре лица херувимов, или скорее четыре головы, поскольку сказано, что они «были разделены», сопоставимы с зодиакальными созвездиями. Даже если исключить «Орла», который находится в соседнем со Скорпионом знаке, и возможно замещает его, и считать, что под «человеком» подразумевается созвездие Водолея, который изображается в виде человека с

кувшином, то получим совпадение с тройкой созвездий, отмечавших положение Солнца в стояниях и равноденствии в IV – II тысячелетиях до н.э. По терминологии А.А.Гурштейна они входят в «квартет Тельца» и зафиксированы в мифологиях той эпохи [Гурштейн, 1992]. Возможно, сходство обликов Зервана-Хроноса, Фанеса и херувимов указывает время фиксации рассматриваемых мифологических традиций.

Картина мироздания, нарисованная пророком перекликается с образом Мирового веретена, описанного Платоном, который был близок к пифагорейцам, и через них к орфикам. Там Вселенная изображена как бы в разрезе, и светила представлены в виде концентрических алмазных колец. При этом на кольцах находятся крылатые существа «сирень», которые вращаются вместе с ними [Платон, 1971, с.449, Гос.10,616с].

В библейской мифологии херувимы обычно выполняют охранительные функции. Впервые херувим упоминается в книге Бытия; его с «обращающимся мечом» Бог ставит у входа в Рай после изгнания оттуда Адама и Евы [Быт.3, 24]. Можно думать, что в видении Иезекииля они служат стражами времени. Сходство херувимов с Фанесом и Хроносом, повидимому, подтверждает представление о тесной связи светил со временем. Ярче всего такие воззрения выразил в диалоге Платона философ-пифагорец Тимей, который назвал управление временем главной задачей светил: «...чтобы время родилось из разума и мысли [вечносущего] Бога, возникли Солнце, Луна и пять других светил..., дабы определять и блюсти числа времени» [Платон, 1971, с.478, Тим.38с].

Функции Фанеса и Ормазда другие – они творят и обустроивают космос, устанавливают иерархию светил. Ормазд в Бундахишне «...назначил Солнце и Луну предводительствовать над звездами» [Дрезден, 1977, с.343]. Фанес, в «Рапсодической теогонии»: «...учинил [Солнце] стражем и велел начальствовать надо всеми» [DK1, ВП, 96]. Возможно, в библейской мифологии с приходом к монотеизму произошло низведение древних богов на подчиненные роли.

Так в грандиозной и смелой картине рождения и строения Вселенной Анаксимандра отразились восточные и орфические мифы. Наличие у философа параллелей сразу с несколькими мифологическими традициями не может быть случайной. Возможно в его время существовало некое близкое к орфизму религиозное течение, объединявшее эти представления, но может быть «кольца светил» (семикратные пояса) и расположение планет ниже Луны принадлежали самому орфизму, о котором мы многого не знаем.

Великий мыслитель воспринял орфические идеи о закономерном строении Вселенной и ее центральной симметрии. Причем, в последнем случае шагнул дальше, постулировав, что, находясь в центре, Земля не нуждается в опоре. Сообщения о наклонном положении кругов (орбит) планет, Луны и Солнца, говорит о его знании геометрии неба, которая, возможно, также была в орфических источниках, если в основе приписываемому философу сочинения «О неподвижных звездах» лежал древний текст, пересказанный через триста лет Аратом.

Глава 4

КОСМОС ПИФАГОРЕЙЦЕВ

Пифагорейцы и орфизм

Основоположник первого в Греции религиозно-философского сообщества Пифагор Самосский (ок. 540 – 500 до н.э.), сын Мнесарха, (согласно Диогену Лаэртскому, камнереза), был младшим современником Анаксимандра, возможно, даже встречался с ним. В зрелом возрасте, не поладив с правителем Самоса Поликратом, он переселился в Кротон. Там он основал религиозно-политическое Пифагорейское братство, которое долгое время фактически правила греческими колониями Южной Италии.

Пифагор несомненно был одним из самых выдающихся ученых Греции и несравненным научным лидером. Именно он первый связал математику с физикой, обнаружив связь длины струны с высотой звука. Среди его последователей можно назвать математиков: Гипсия, который открыл несоизмеримость диагонали квадрата с его стороной, и Архига Тарентского; пифагорейцами были знаменитые врачи Демокед и Алкмеон из Кротона и ботаник Менестор из Сибариса. Неоплатоник Ямвлих (245-ок.330) в книге «О пифагорейской жизни» привел список имен 218 известных пифагорейцев, среди которых немало женщин.

Пифагора отличала убежденность в гармонии мира, по Диогену Лаэртскому именно он «первым назвал небо “космосом” (“порядком”)» [DK 28, A37]. Он полагал, что душу очищает музыка и умственный труд, поэтому пифагорейцы считали обязательным совершенствование в четырех «искусствах» – арифметике, музыке, геометрии и астрономии. Можно думать, что распространение религии, основанной на вере в возможность познания истины силой разума и учении об особой роли чисел, сыграло важную роль в повышении общественного статуса интеллектуальной деятельности и привлекло к ней немало талантливых людей.

Философ был и крупным политическим деятелем. Диодор Сицилийский сообщает, что Пифагор способствовал разрушению Сибариса. Там около 510 г. до н.э. произошел переворот, и изгнанные аристократы (возможно, пифагорейцы) укрылись в Кротоне. Когда новый правитель города Телис потребовал от кротонцев их выдачи, Пифагор склонил сограждан к войне. Правитель Кротона, знаменитый атлет Милон, разгромил превосходящие силы сибаритов и уничтожил их город. [DK14, A14]. Так желание изгнанников вернуться на родину обернулось ее уничтожением. Сообщение Диодора подтверждает значительность влияния пифагорейцев на политику. В источниках упоминается об антипифагорейских восстаниях. Во

время одного из них в Кротоне был подожжен дом, где происходило собрание совета, в огне погибли Милон и почти все кротонские пифагорейцы. Пифагор в это время был в Метапонтe, где и окончил свои дни [DK 14, A19]. В конце концов пифагорейцы потеряли политическое влияние, но ранний пифагореизм как философское течение продолжал развиваться. Известно, что в Таренте еще в IV в. до н.э. существовала пифагорейская община, которой руководил друг Платона и учитель Евдокса Архит.

Ямвлих в рассказе о жизни пифагорейцев приводит мало правдоподобные детали, например, называет их абсолютными вегетарианцами, что сразу выделило бы пифагорейцев из среды сограждан и сделало невозможным сохранение «братства» в тайне. Он сообщает, что ученики Пифагора несколько лет были обязаны молчать и только слушать наставления учителя, скрывавшегося за занавеской, что они отдавали общине все свое имущество. Ямвлих изобразил пифагорейцев в виде тайной секты мудрецов, что никак не согласуется с их главенством в политической жизни Великой Греции. Это справедливо отмечает А.Я.Жмудь [Жмудь, 1994]. Более вероятным кажется, что пифагорейский союз больше напоминал организацию масонов, чем закрытый монашеский орден.

Пифагорейская религия, повидимому, была весьма близка к орфизму. Об этом говорит вера пифагорейцев в переселение душ и ряд деталей в представлениях о мире. Их близость к орфизму подтверждается и тем, что автором «Рапсодической теогонии» орфиков («Священного сказания в 24 рапсодиях») возможно был пифагореец Керкоп. Хотя ее автором называют и фессалийца Теогнета, но уже сама возможность сближения источниками орфического сочинения с пифагорейцами, говорит о многом [DK1, A1, A1b]. Даже главная для пифагорейцев идея мировой гармонии близка к орфическому обожествлению мира и вере орфиков в существование Вселенского закона. Можно думать, что Пифагорейское братство было чем-то вроде орфической секты.

Пифагорейцы раннего времени окружали себя тайной, и поэтому судить о начале эволюции их взглядов на мир приходится на основе анализа воззрений философов, находившихся под их влиянием. К ним относятся прежде всего младший современник Пифагора Парменид Элейский (ок. 515 – 445 до н.э.) и акрагантец Эмпедокл (ок. 490 – ок. 430 до н.э.). О Пармениде Диоген Лаэртский даже сообщает, что он: «примкнул к пифагорейцу Амению» [DK28, A1].

Вероятно, вначале пифагорейские взгляды на мир мало отличались от орфических, многие из них сохранились и в «пифагорейской» системе мира, обнародованной Филолаем Кротонским (ок. 470-после 388 до н.э.). Это сферическое небо звезд, охватывающее Землю и отделяющее наш мир от внешнего божественного огня, его вращение вокруг небесной оси – скипетра орфической Матери богов, существование центра мира, отмеченного у орфиков ее тронном. Земля, в соответствии со всеобщими представлениями того времени, в том числе и орфическими, считалась плоской –

полусферической, как утверждала «Теогония по Иерониму и Гелланику», или цилиндрической, как думал Анаксимандр. Ее поверхность была перпендикулярна «вселенской вертикали» – естественному направлению верх-низ.

Небесная музыка

В орфических представлениях о мировой гармонии важная роль уделялась музыке. Внимание к музыке было характерно и для Пифагора, открывшего связь длины струн с высотой звука и ставшего основоположником теории музыки. Связь музыки с космосом у орфиков несомненна – в гимнах Гелиосу (Солнцу) и Аполлону, упоминаются музыкальные инструменты (лира, кифара и свирель), с помощью которых божества поддерживают миропорядок. В гимне Гелиосу говорится:

«О, златолирик, твой бег водворяет гармонию в мире,
Дел указатель благих, о юноша, Ор воспитатель,
Миродержатель, свирельщик...»

[гимн 8, 9 – 11]

В цитированном в гл.1 гимне Аполлону (гимне 34) сказано, что он, играя на золотой кифаре «ладит вселенскую ось» и «вливает гармонию во вселенскую участь для смертных».

У пифагорейцев отмечена идея о гармоничных звуках, издаваемых небесными телами, в которой заметны черты «физической» гипотезы. Видимо, зная, что движущиеся предметы могут издавать звуки, пифагорейцы приписали такую способность небесным телам. В комментариях к Аристотелю философ III в. Александр Афродисийский сообщает:

«Гармоническими они (пифагорейцы) полагали строй этих [тел], исходя из того, что десять движущихся тел, из которых состоит космос, отделены друг от друга гармоническими интервалами, скорость движения... пропорциональна расстояниям, причем движущиеся быстрее издают более высокие звуки, а движущиеся медленней – более низкие. Будучи подчинены гармоническим пропорциям, эти звуки сливаются в музыкально-гармоническое звучание...»

[DK58, B4].

Таким образом появилась новая возможность определения пропорций космоса «через музыку». Аристотель в девятой главе второй книги «О небе», которая во многом построена на полемике с пифагорейцами, резко критикует их взгляды:

«...ясно, что утверждение, согласно которому движение [светил] рождает гармонию, поскольку, мол, [издаваемые ими] звуки объединяются в консонирующие интервалы, при всей своей остроумности и оригинальности тем не менее не верно. По мнению некоторых столь огромные тела по необходимости должны производить своим движением шум: если уж его производят земные тела, [рассуждают они], ни по объему, ни по скорости движения не сравнимые [с небесными], то что говорить о Солнце, Луне да еще о таком

количестве столь великих звезд, преодолевающих такой путь с такой быстротой, – не может быть, чтобы они не издавали шума совершенно невообразимой силы! Исходя из этого, а также из того, что скорости звезд, измеренные по расстояниям, относятся между собой так же, как тоны консонирующих интервалов, они утверждают, что звучание издаваемое звездами... образует гармонию. А поскольку представляется абсурдным, что мы этого звучания не слышим, они объясняют это тем, что звук имеется с самого момента нашего рождения и потому, за неимением контрастирующей с ним тишины, неразличим... С людьми, мол, происходит то же, что с кузнецами-молотобойцами, которые вследствие привычки не замечают грохота»

[Аристотель, 1981, с.322 – 323;
II, 9; 290b, 1 – 29].

Аристотель согласен, что тела, двигаясь через воздух, должны звучать, но сам он считает, что они заключены внутри вращающихся сфер, и на этом строит полемику с пифагорейцами:

«Однако мы не слышим его... потому что никакого звука нет. А выяснение причины этого одновременно служит подтверждением наших взглядов, ибо то, что для пифагорейцев было трудностью, ... для нас – доказательство [их неподвижности]... шум производит то, что движется в неподвижном, а то, что [движется] в движущемся, образуя с ним сплошное целое и не производя трения, не может шуметь»

[там же, с.323 – 324; II, 9; 291a, 5 – 19].

Но коль скоро Аристотель противопоставляет пифагорейцам теорию сфер, несущих светила, можно думать, что сами пифагорейцы считали их «свободными».

Интересно, что близкий к пифагорейцам Платон, который еще до Аристотеля разместил светила на неких сферах, все же не отказался от «небесной музыки». Как говорилось, на сферах его Вселенной: «восседает по Сирене; вращаясь вместе с ними, каждая из них издает только один звук, всегда той же высоты. Из всех звуков – а их восемь – получается стройное созвучие» [Платон, 1971, с.450; Государство, X, 617b]. Подробнее об этом в гл.5.

Шарообразность Земли

Как правило, историки астрономии и географии недоценивают мировоззренческое значение признания шарообразности Земли. Само предположение того, что мы живем на шаре, было серьезным потрясением основ, коренной ломкой очевидных представлений, освященных извечной традицией. Оно требовало заменить доказанное всем опытом жизни понятие абсолютных «верха» и «низа» далеко не очевидным абстрактным понятием «центра», которое приводило к таким парадоксальным выводам как существование антиподов. Такой шаг был по силам только человеку, обладавшему незаурядной смелостью и силой мысли.

Первенство в высказывании этой идеи приписывается и Пифагору и Пармениду. Диоген Лаэртский сообщает: «[Пифагор] первым назвал небо

“космосом” (“порядком”), а Землю круглой (согласно Теофрасту, Парменид)» [DK28, A44]. Ссылка на ученика Аристотеля Теофраста, который считается надежным источником, побуждает большинство исследователей признавать автором этой мысли Парменида. Впрочем, поскольку ранние пифагорейцы окружали себя тайной, то Парменид мог действительно оказаться тем, кто первый обнародовал эту идею.

Парменид известен как мыслитель, который первым из античных философов стал оперировать понятиями максимальной общности. Его поэма «О природе» условно делится на две части: «Путь истины», где философ излагает свое учение о бытии (сущем) и «Путь мнений», где мир описывается согласно: «мнениям смертных, в которых нет непреложной достоверности» [DK28, B1,30]. То есть там Парменид излагает чужие воззрения. В уцелевших текстах Парменида о шарообразности Земли вообще не упоминается. В сохранившейся Симпликием первой части для такого упоминания нет повода, следовательно оно могло быть только во второй, где философ не претендует на роль первооткрывателя.

А.Б.Дитмар в книге «География в Античное время» придерживается мнения о приоритете Парменида и так пишет об истоках этой мысли: «Парменид пришел к выводу о форме Земли не на основании доказательств “чувственного” порядка, как думает А.Гетнер, и не в результате “математических соображений”, как пишут Ю.Ган и Э.Брюкнер, а чисто умозрительно, с позиций метафизики, исходя из своего понимания абстрактного, неизменного по своей сущности “бытия” и его идеального выражения – шара.» [Дитмар, 1980, с.50].

В том, что идея шарообразности Земли возникла как «чисто умозрительная» исследователь по всей вероятности прав. Это подтверждается фактом ее неприятия многими философами, причем даже в эпоху, когда появились убедительные астрономические и географические доказательства шаровидности нашей планеты. Однако мотивировка появления этой мысли у Парменида вызывает большие сомнения. Вряд ли философу принадлежит даже сама идея шара, как идеальной геометрической фигуры. Зато она зафиксирована у Пифагора. Диоген Лаэртский сообщает, что он: «прекраснейшей из телесных фигур считал шар, а из плоских – круг» [DK 58, C3]. О математических интересах Парменида, в отличие от Пифагора, ничего неизвестно. Кроме того не ясна и связь между «абстрактной идеей бытия» и конкретной формой Земли, которая далеко не идеальна. Мнения о том, что во второй части своей поэмы Парменид излагал в основном пифагорейские взгляды, придерживаются многие исследователи, хотя, как указывает Л.Я.Жмудь, который его разделяет, имеющиеся источники не позволяют окончательно решить этот вопрос [Жмудь, 1984, с.251].

По-моему, существуют веские доводы в пользу приоритета Пифагора. Гипотеза шарообразности Земли означала пересмотр вопроса о фундаментальном понятии – сущности тяготения. Для подобной ломки сложившихся мнений требовались серьезные мотивы, которые есть в философии

Пифагора, но отсутствуют у Парменида. Поэтому с большой долей вероятности можно утверждать, что идея шарообразности Земли и многие другие черты системы мира Парменида (на авторство которых он и не претендует) заимствованы им у пифагорейцев.

Сохранившиеся сведения о системе мира Парменида показывают что ей недостает стройности. В чем-то она близка к системе Анаксимандра, поскольку в сохранившихся строках поэмы упоминаются «венцы, наполненные беспримесным огнем» [DK 28, B12, 1 – 2], это подтверждает и Стобей, который сообщает, что у Парменида «Солнце и Млечный путь – отдушины огня» [DK 28, B10, 5 – 7]. Однако, если у Анаксимандра так устроены все светила, то, согласно Стобею, у Парменида: «Луна смешана из... аэра и огня» [DK 28, A37], а звезды являются «сгустками огня» [DK 28, A39], то есть Луна и звезды, в отличие от Солнца и Млечного пути, считаются отдельными небесными телами.

Зато у пифагорейцев, которые занимались поисками гармонии, имелось достаточно причин для недовольства плоской Землей. В отличие от орфиков, пифагорейцы искали гармонию не только в почитании Вселенского закона, но и в математических абстракциях. Принятая орфизмом центральная симметрия мира нарушалась наличием плоской Земли, которую определяло «объективное» существование абсолютных «верха» и «низа». Достигнуть полной гармонии можно было только путем перехода от понятия Вселенской вертикали к идее тяготеющего Вселенского центра, и пифагорейцы этот шаг сделали. Диоген Лаэртский пишет, что они признавали: «космос... шарообразный, содержащий в середине Землю, также шарообразную, населенную со всех сторон» [DK 58, B45].

Но коль скоро идея сферичности Земли является пифагорейской, то скорее всего она должна была принадлежать самому Пифагору, или по крайней мере быть им одобрена. Как правило, близкие последователи создателя нового учения чувствуют себя прежде всего хранителями традиции и не посягают на его фундаментальные положения.

Тяготеющий центр и подвижность Земли

Замена абсолютных «верха» и «низа» «вселенским центром» потребовала, чтобы этот центр был не только геометрическим, но и физическим. Например, даже при допущении, что населена только самая верхняя часть Земли, требовалось объяснить как, при сохранении «вселенской вертикали», на краях столь обширной выпуклой ойкумены может удерживаться вода. Кроме того, выделение на шаре некой особой области нарушает симметрию. То есть, было необходимо придать центру мира тяготеющие свойства.

Некое эмоционально-мифологическое решение этой проблемы имеется у Парменида, и, вполне вероятно, что эта часть его системы мира восходит к пифагорейской. Сохранился фрагмент поэмы, в котором после упоминания «венцов [светил]» Парменид пишет:

«А в середине их богиня, которая всем правит;
Она зачинает проклятое рождение и совокупление всех существ,
Посылая совокупляться самцу самку и, наоборот,
Самке самца»

[DK28, B12, 3 – 6].

Платон, называет эту богиню именем Генесис и цитирует по ее поводу строку Парменида:

«Наипервейшим из всех богов она смастерила Эрота»

[DK28, B13].

Эрот – персонификация любовного чувства, побудительная сила, соединяющая богов в теогониях. И если Генесис, «сотворив мир бессмертных», теперь принуждает смертных самцов и самок тянуться друг к другу, чтобы продолжать «проклятое рождение» и поддерживать земную жизнь, то почему бы ей точно так же не притягивать к себе (центру) остальные вещи? Таким образом сила земного притяжения наглядно объясняется мистическим стремлением к центру, похожим на любовное влечение.

Следует заметить, что близкие идеи высказывает и Эмпедокл, также испытавший влияние пифагорейцев. Философ постулирует существование «Филь» («Любви») – особой сущности, стремящейся соединить элементы, которая, кстати, при всех космогонических перипетиях никогда не покидает мирового центра [DK31, B35, 3 – 5]. «Любовь» Эмпедокла обладает тяготеющими свойствами, философ пишет, что элементы:

«То под действием Любви... сходятся в Одно,
То под действием лютой Ненависти несутся каждый врозь»

[DK31, B17, 7 – 8].

Немного ниже философ сообщает подробности о самой «Любви»:

«Это ее почитают смертные...
От нее испытывают любовные помыслы...,
Называя ее именем Гефосины (Радости) и Афродиты»

[DK31, B17, 21 – 24].

Таким образом у обоих философов любовное чувство является одним из проявлений более общего физического «притяжения». Но богиня Парменида оказывается еще и огненной. Философ, вполне в духе орфической традиции, называет началами «огонь» и «ночь». Комментаторы истолковывают их как «огонь» и «землю». Ипполит добавляет, что философ считал огонь «творящим принципом», а землю – «материей» [DK28, A23]. Значит, центральная богиня Парменида, которую Симпликий называет «творящей причиной, единой и общей» [DK28, B12], имела огненную природу.

Идея огненного центра присутствует в системе мира Филолая, где его середину занимает «Центральный огонь», нечто вроде самостоятельного небесного тела.

Но коль скоро Земля была признана шарообразной и обладающей тяготеющим центром, появилась возможность признать ее подвижной и объяснить ее вращением движение неба. Как говорилось, с астрономической точки зрения плоская Земля в принципе не может считаться подвижной. Попытка заставить ее вращаться вокруг оси мира, наклонной к направлению верх-низ, привело бы к ее опрокидыванию. Но видимо требовалась незаурядная свобода мысли, чтобы осознать, что мы сами непрерывно движемся вместе с планетой и живем на ее «боковой» поверхности.

Гипотеза осевого вращения Земли позволила «остановить» небо неподвижных звезд. Ее авторами источники называют двух философов-пифагорейцев из Сиракуз Экфанта и Гикета, о которых практически ничего не известно. Так Диоген Лаэртский сообщает: «[Экфант] первым сказал, что Земля движется по кругу (другие говорят, что Гикет из Сиракуз)» [DK50, A2]. Цицерон так объясняет смысл гипотезы Гикета:

«По сообщению Теофраста Гикет из Сиракуз полагает, что небо,... и ничто в мире не движется, кроме Земли. Когда она вращается и крутится вокруг своей оси, получают те же самые [явления], как и в случае, если Земля неподвижна, а небо движется»

[DK50, A1].

Здесь следует обратить внимание на то, что описанное Цицероном осевое вращение Земли Диоген Лаэртский называет «движением по кругу», что подтверждает уже отмечавшуюся неустойчивость терминологии в этом вопросе.

Еще одно упоминание о вращении Земли принадлежит Платону, который устами Тимея сообщает: «Земле же, кормилице нашей, он [демиург] определил вращаться вокруг оси, проходящей через Вселенную, и поставил ее блюстительницей и устроительницей дня и ночи» [Платон, 1971, т.3, ч.1, с.480, (Тим, 40 b,c)]. Правда, в этом же диалоге говорится о вращении неба звезд, так что смысл вращения Земли не ясен. Но само признание возможности осевого вращения Земли таким авторитетным философом показывает большую известность этой идеи.

Одновременно с идеей осевого вращения Земли упоминается и загадочная «Антиземля», о которой речь впереди. Псевдо-Плутарх сообщает: «Фалес и его последователи принимают одну Землю, Гикет Пифагореец – две: эту и Антиземлю (Антихтон)» [DK50, A2]. Л.Я.Жмудь считает, что Экфант и Гикет жили «непосредственно после Филолая» [Жмудь, 1994, с.262]. Но гораздо вероятнее, что идеи вращения Земли и существования Антиземли были высказаны до него, поскольку Диоген Лаэртский определенно говорит о приоритете сиракузских философов.

Мир Филолая

Пифагорейская система мира, известна по изложениям взглядов Филолая Кротонского (ок. 470 – после 388 до н.э.), одного из видных философов-пифагорейцев. Считается, что он первым обнаружил суть

пифагорейских учений, нарушив окружавшую их «тайну». Его система изобилует фантастическими деталями, происхождение которых трудно объяснить с точки зрения логики. Это «новые» небесные тела – Антиземля и Центральный огонь, странные понятия о Луне и Солнце, сведения об орбитальном суточном вращении Земли.

Общие черты мира Филолая, видимо, тяготеют к орфическим. Важнейшим элементом мира орфиков было сферическое небо звезд, охватывающее Землю и отделяющее наш мир от внешнего божественного огня. Упоминаний о внутреннем устройстве неба в сохранившихся орфических текстах отсутствуют, но они есть в иранском мифе близком к орфическим. Из него мы узнаем, о ряде концентрических небес («планет», «Луны» и «Солнца») и о второй «пограничной» сфере, отделяющая «небесный мир» от «атмосферы»; о ней в книге «Бундахисп» сказано: «Между землей и [нижней] сферой Ормазд поместил ветры, облака и огненную молнию...» [Дрезден, 1977 с.343].

Структура Вселенной, которой придерживался Филолай вполне соответствует этой схеме. Стобей сообщает:

«...он (Филолай) принимает... огонь, расположенный выше всего и служащий Объемлющим... Самую верхнюю часть Объемлющего, в которой – беспримесная чистота элементов, он называет “Олимпом”; пространство под сферой Олимпа, в котором расположены пять планет с Солнцем и Луной, – “Космосом”, а расположенную под ними подлунную и околоземную часть, в которой находится мир переменчивого рождения, – “Небом” (“Уранос”).»

[DK44, A16].

Можно заметить, что «Олимп» Филолая соответствует Эфиру орфиков и Бесконечному Свету зороастрийцев, а «Уран» той области «под нижней сферой», где иранский миф помещает «ветры, облака и огненную молнию...» Таким образом Стобей рисует мир Филолая в виде системы концентрических сфер. До этого он рассказывает о расположении светил:

«Филолай посередине, в центре [космоса помещает] огонь, который он называет “Очагом” (Гестией) Вселенной, “домом Зевса”, “Матерью богов”, “алтарем”, “связью и мерой природы.” Кроме того, он принимает и другой огонь, расположенный выше всего и служащий Объемлющим.

Первый по природе – центральный огонь, вокруг него кружатся в хороводе десять божественных тел: небо и планеты, за ними – Солнце, под ними – Луна, под ней Земля, под ней Противоземля (Антихтон), а после них всех – огонь Очага, занимающий центральное положение»

[DK50, A1].

Если у Парменида в центре мира помещена некая богиня Генесис, то в космосе Филолая его занимает «Центральный огонь», нечто вроде самостоятельного небесного тела. Причем, среди имен Центрального огня названы «Мать богов» и «связь природы» вполне применимые и к «богине» Парменида. Может быть она тождественна с орфической «Матерью богов», также занимающей середину мира. Как будет показано, Гестия Филолая

служит не только геометрическим центром мира, но обладает и тяготеющими свойствами.

Есть данные, что ранние стоики признавали существование этого Огня, причем помещали его в центре Земли. Так Клеанф, философ-стоик (ок. 350 – ок. 230 до н.э.), критикуя гелиоцентрическую систему Аристарха Самосского, упрекал астронома в том, что тот вместе с Землей «сдвинул с места Очаг Вселенной» [Веселовский, 1961, с.64]. Подробнее об этом в гл.8.

Наиболее ранние упоминания о пифагорейской системе мира принадлежат Аристотелю. Именно он пишет об орбитальном движении Земли и объясняет причину появления Антиземли. В трактате «О небе» он пишет:

«Большинство считает, что Земля находится в центре... Итальянские же философы, известные под именем пифагорейцев, держатся противоположного взгляда: в центре, утверждают они, находится огонь, а Земля – одна из звезд – движется по кругу вокруг центра, вызывая смену дня и ночи...»

[DK44, 16b].

Поскольку обращение Земли по Аристотелю вызывает «смену дня и ночи», речь здесь идет о довольно странном орбитальном движении Земли с периодом в одни сутки в плоскости небесного экватора. Правда, в «Мнениях философов» содержится единственное указание, что Земля «круговращается... по наклонной орбите таким же образом, как Солнце и Луна», то есть в плоскости эклиптики [DK44, A21]. Однако можно думать, что это позднее сообщение, связано с ошибочным приданием системе Филолая черт гелиоцентрической гипотезы Аристарха Самосского. Более надежным конечно следует считать свидетельство Аристотеля, ученика Платона, который, как сообщается, встречался с Филолаем и приобрел его сочинения.

Высказывается философ и по поводу Антиземли. Он не называет имени Филолая, но, судя по более поздним источникам, вероятно, подразумевает его систему мира. Он пишет:

«...они (пифагорейцы) постулируют еще одну Землю – Антиземлю... Не ища теорий и объяснений, согласных с наблюдаемыми фактами, а притягивая за уши наблюдаемые факты и пытаясь их подогнать под какие-то свои теории и воззрения»

[DK44, a*16b].

Немного ниже приводится объяснение появления Антиземли:

«Те, кто отрицает, что Земля находится в центре, утверждают, что она движется по кругу вокруг центра, причем не только Земля, но и Антиземля... Некоторым из них даже кажется, что вокруг центра движется несколько таких тел, невидимых нам потому, что их заслоняет Земля. Этим, по их мнению, и объясняется, почему затмения Луны происходят чаще, чем затмения Солнца: Луну загораживает не одна только Земля, но и каждое из этих движущихся тел»

[DK44, a*16b].

Вообще идея о существовании невидимых нам тел, затемняющих Луну, отмечена у Анаксагора, и кроме Аристотеля, в связи с

пифагорейцами не встречается. Дополнительные подробности о системе мира Филолая дает комментатор Аристотеля Симпликий, философ-неоплатоник VI в. Он пишет:

«В центре по их [пифагорейцев] словам, находится огонь, вокруг центра, говорят они, вращается Антиземля, которая так же представляет собой Землю, а Антиземлей называется потому, что находится с противоположной от Земли стороны; за Антиземлей вращается, тоже вокруг центра, наша Земля, а за Землей – Луна... Антиземля движется вокруг центра, следуя за нашей Землей, и не видна нам потому, что тело Земли ее нам постоянно загораживает. Они утверждают это, ... не ища теорий и причин... Полагая декаду совершенным числом, они желали число круговращающихся тел довести до десяти. Приняв... одну сферу неподвижных звезд, семь планет и Землю, они дополнили [их число] до десяти Антиземлей»

[DK 44, A16b].

Приведенные описания рисуют некую «огнецентрическую» систему мира, где все тела, включая Землю и Солнце, обращаются по орбитам вокруг фантастического Центрального огня. Общепринятая схема «пифагорейской» системы мира, по Аристотелю и Симпликию показана на рис.13.

Среди прочего в системе мира Филолая присутствует странная идея о том, что Солнце не самостоятельное светило, а отражение некоего космического огня. Об этом сообщается в сборнике «Мнения философов»:

«Согласно пифагорейцу Филолаю Солнце стекловидно, оно отражает огонь, находящийся в космосе, и просеивает нам свет и тепло, так что в некотором смысле оказывается два Солнца: находящееся на небе огненное и возникающее в результате его зеркального отражения огнеподобное...»

[DK 44, A19].

Как известно из цитированного выше сообщения Стобея в мире Филолая есть только два огня – «Объемлющий», расположенный за сферой звезд, и Центральный, так что под «огненным Солнцем» может подразумеваться только последний.

Кроме Филолая сходное мнение высказывал только Эмпедокл. Он считал Солнце бликом на зеркальной поверхности неба. В «Мнениях философов» о сущности неба Эмпедокла сказано, что оно «твердое, состоящее из воздуха, замерзшего под действием огня, ледообразное» [DK31, 251, (A44)]. По Эмпедоклу Солнце всего лишь отраженное небом излучение огня, наполняющего пространство. Сохранившиеся сведения недостаточно ясны, чтобы разобраться в оптических представлениях философа, но суть его мнения о природе Солнца очевидна. Вот одно из сообщений, об этом, принадлежащее Псевдо-Плутарху:

«Вокруг Земли вращаются два полушария: одно – целиком из огня, второе – смешанное из воздуха и небольшого количества огня; последнее, как он полагает, и есть ночь... Солнце по своей природе не огонь, а отражение огня, подобное тому, что бывает в воде».

[DK31, 210, (A30)].



Рис. 13. Традиционное изображение пифагорейской системы мира согласно Аристотелю и Симплицию. Не учтено деление мира на концентрические области «Уран», «Космос» и «Олимп». Обозначения: ЦО – центральный огонь (Гестия), ПЗ – противоземля, З – Земля, Л – Луна, С – Солнце, Пл – планеты [Рожанский, 1980, с.84]

Такое представление Эмпедокла о Солнце в его системе мира не выглядит органичным. Не видно оснований, по которым он мог принять столь экзотическую гипотезу. Известно, что Луну он считал отдельным небесным телом чечевицеобразной формы, сделанной из огня смешанного с аэром (затвердевшим воздухом), а звезды целиком из «огнистого вещества», причем «неподвижные звезды прикреплены к ледяному небосводу, а планеты парят свободно» [DK31, 300, 302 (A53, A54)]. Казалось бы, ничто не мешало ему посчитать и Солнце сгустком огня. Поэтому представляется вероятным, что Эмпедокл заимствовал мысль о солнце-отражении у пифагорейцев, у которых для этого были определенные причины.

Выдвинув идею божественного огненного центра, они могли стремиться принизить роль Солнца, которому, большое значение придавала близкая им орфическая традиция. У Филолая Солнце является отдельным небесным телом, но излучает не собственный свет. То есть приоритет в освещении и обогреве Вселенной отдан тяготеющему огненному центру. Культ Солнца заметен в «Рапсодической теогонии»; если Гесиод посвящает свою «Теогонию» музам, то в отличие от него автор «Рапсодической теогонии» Солнцу:

«О Владыка, сын Лето, далекаязвонкий могучий Феб,
Всевидающий царь бессмертных и смертных,
Солнце, взмывающее ввысь на золотых крыльях!

Се – двенадцатый вещей глас, что я слышал от тебя,
Ты рек, тебя самого, далекаязвонкий, возьму в свидетели.»

[DK1, В, III, 62].

Есть в «Рапсодической теогонии» и прямое упоминание о главенстве Солнца: «Фанес поставил Солнце надо всем: “И учинил его стражем и велел начальствовать надо всеми”» [DK1, В, III, 96]. Возможно, идея Солнца-зеркала появилась именно по этой причине.

Трудно объяснить мнение Филолая о Луне, но оно дает интересные дополнительные сведения о пифагорейской системе мира. Философ, в согласии с орфической традицией, считал Луну обитаемой. Об этом сообщает Стобей:

«Некоторые из пифагорейцев, в том числе Филолай [предполагают], что Луна кажется землеобразной потому, что она, как и наша Земля, населена животными и растениями, но только более крупными и более красивыми: живущие на Луне животные в пятнадцать раз больше [земных] и совершенно не выделяют экскрементов. Столько же [т.е. в пятнадцать раз больше] длится и день»

[DK44, A20].

В сборнике «Мнения философов о Луне» есть еще более важное сообщение, в котором сказано:

«По Филолаю гибель космоса бывает двойкой; в одних случаях от того, что с неба хлынет огонь, в других – от лунной воды, которая выливается в результате переворачивания светила»

[DK44, A18].

Упоминание о том, что вода с перевернувшейся Луны упадет на Землю, подтверждает представление о тяготеющих свойствах Центрального огня (если он в центре Земли). Первое сообщение также несет важную информацию. Трудно сказать, каким образом Филолай связывал размеры лунных животных с длиной тамошних суток, но ясно, что, зная «длину лунного дня», он прекрасно понимал природу лунных фаз, а значит принимал форму видимой части Луны сферической. Если учесть тяготеющие свойства центра, можно думать, что обитателей Луны философ помещал на ее невидимой стороне, которая имела несколько выпуклую поверхность, очерченную вокруг Центрального огня. Здесь Луна представляется уже не просто полушарием, а чем-то вроде чаши с водой. Возможно Филолай помещал предполагаемых обитателей Луны на краях «чаши», по берегам своего грандиозного небесного моря.

Реконструкция И.Н.Веселовского

Такой рисуется Вселенная Филолая. Но существуют серьезные доводы в пользу того, что дошедшие до нас сведения о его системе мира искажены ошибочным толкованием Аристотеля. Эта описанная Стагиритом и подтвержденная доксграфами система мира противоречива и далеко не во всем согласуется с пифагорейскими принципами. Не выдерживает критики предложенное Симпликием объяснение добавления к небесным

телам Антиземли. Как отметил И.Н.Веселовский, если Земля, вращаясь, «вызывает смену дня и ночи», то сфера звезд должна считаться неподвижной, и «число круговращающихся тел» все равно не достигнет десяти [Веселовский, 1961, с.18].

Дальше, описывая «пифагорейскую» систему мира, Аристотель игнорирует деление Филолаем Вселенной на три концентрических сферы, хотя сам придерживался сходных взглядов. Признав Землю «одной из звезд» (планет), то есть небесным телом, принадлежащим сфере Космоса, Аристотель тем самым нарушил основу пифагорейской космологии. Стобей, упоминает о пифагорейском делении мира, но в описании порядка небесных тел он, видимо, следует Аристотелю и не отделяет от светил, населяющих «космос», от Земли и Антиземли, принадлежащих к «области изменчивого рождения»,

Противоречит орбитальному движению Земли и мнению Филолая о природе Луны. Представление о Луне-чаше имеет смысл только в случае, если считать Огонь не только геометрическим, но и тяготеющим центром; иначе трудно было бы объяснить, почему лунная вода затопит Землю в случае «переворачивания» Луны. Если Земля обращается по орбите, лунная вода имеет гораздо больше шансов пролиться мимо нашей планеты прямо на Центральный огонь (впрочем, может быть и это способно вызвать «гибель космоса»?)

Еще одним, может быть самым веским, возражением против признания орбитального движения Земли является потеря ею шарообразности. Действительно, учет тяготеющих свойств Центрального огня требует, чтобы поверхность населенной стороны Земли имела форму сферы, очерченной вокруг центра орбиты. Вне зависимости от того, какую форму будет иметь сторона планеты, обращенная к Центральному огню, сферической планета остаться не сможет. Наконец, остается открытым основной вопрос – во имя чего Филолай ввел орбитальное движение Земли и Антиземли? Ведь известно, что Гикет признавал существование Антиземли, но, по свидетельству Цицерона, учил именно об ее осевом вращении. Таким образом само по себе введение Антиземли вовсе не предусматривает движения Земли по орбите.

Непротиворечивую реконструкцию пифагорейской системы мира (применительно к космологии Парменида) предложил И.Н.Веселовский. Главным звеном его гипотезы является мотивировка введения Антиземли. Ученый предположил, что ее появление связано со стремлением пифагорейцев совместить две идеи – Центрального огня и Солнца-зеркала, отражающего его лучи. Он пишет:

«Земля является внутри полый, имея в центре огонь, который, выходя из области тропиков на поверхность, разделяет Землю на две обитаемые части Землю и Противоземлю (Антихтон). Отражением этого Центрального огня... является Солнце, представляющее собой своего рода зеркало»

[Веселовский, 1961, с.18].

Эта оригинальная гипотеза подходит и к истолкованию системы Филолая. Она обеспечивает шарообразность «пары» Земля-Антиземля, не

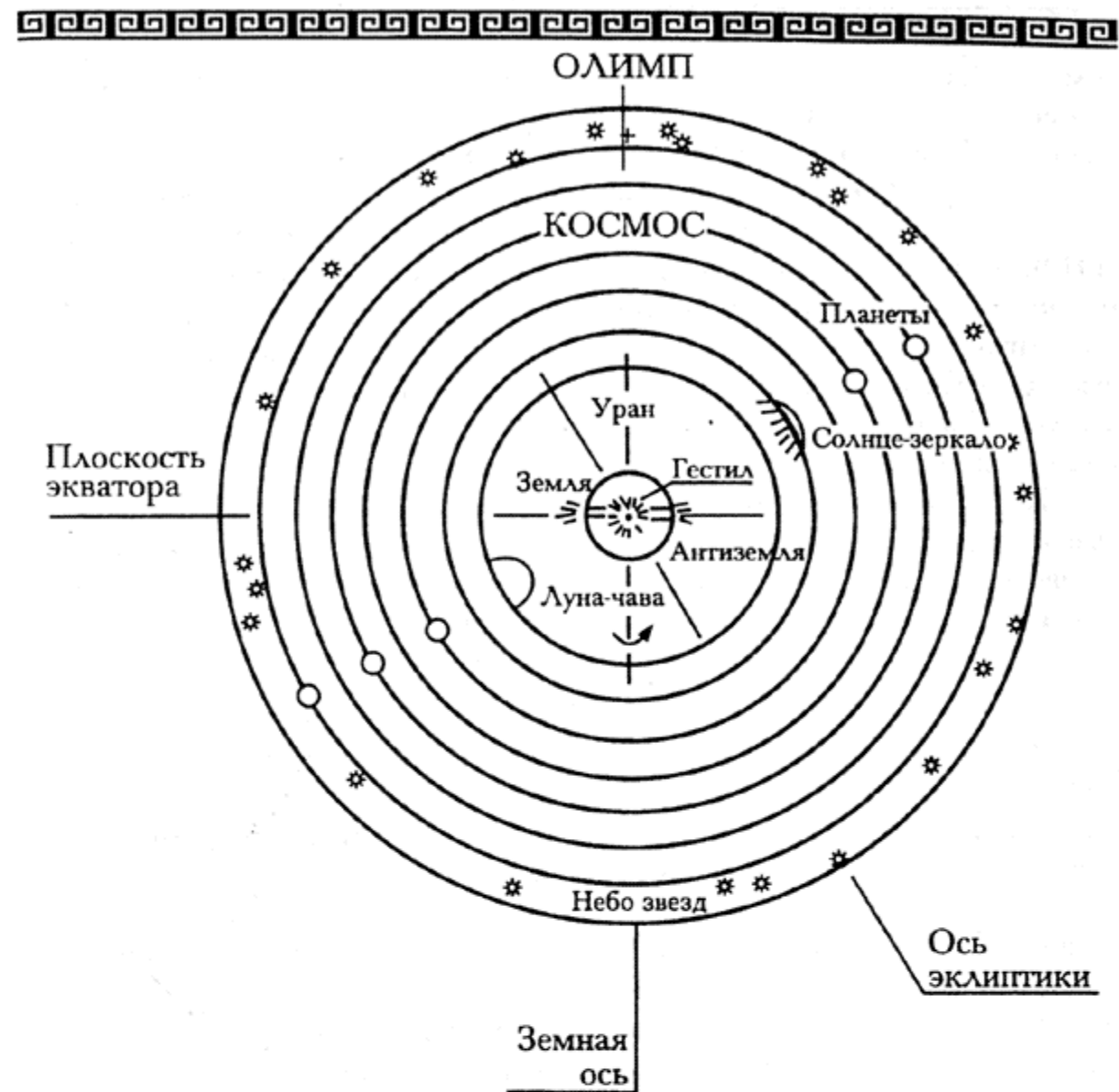


Рис.14. Реконструкция пифагорейской системы мира. Использована трактовка движения и расположения Земли и Антиземли, предложенная И.Н.Веселовским в 1961 г

противоречит ее осевому вращению, сохраняет центральную симметрию мира и его деление на «сферы» (рис.14). Интересно, что при сравнении ее схемы с традиционной реконструкцией (рис.13) при обсуждении доклада на семинаре, высказывались мнения, что традиционная реконструкция проще. Это верно, но там простота достигнута за счет грубого упрощения схемы и отказа от учета ряда черт источников. Так, в ней отсутствует деление мира на концентрические области и совмещены плоскости экватора (орбит Земли и Антиземли) и эклиптики (остальных небесных тел), что, возможно делал и Аристотель.

Конечно, вызывает удивление, что Аристотель не понял Филолая, с сочинением которого скорее всего был знаком, и спутал осевое вращение Земли с орбитальным. Представляется, что такая ошибка могла быть связана с отсутствием в Греции установившейся терминологии в описании вращательного движения, о чем говорилось выше. Вспомним, к примеру, о

том, что Диоген Лаэртский назвал осевое вращение Земли у Гикета «движением по кругу». Такая же ситуация есть и в «Рапсодической теогонии», где так же сказано об осевом вращении Мирового яйца.

Если «движение по кругу» может означать и «вращение вокруг оси», то единственными словами Аристотеля, которые противоречат гипотезе И.Н.Веселовского, окажется указание, что Земля «одна из звезд». Действительно: «огонь находится в центре», «вокруг центра (т.е. своей оси) вращается Антисземля», которая «находится с противоположной от Земли стороны»; «за Антисземлей вращается, тоже вокруг центра (т.е. той же оси), наша Земля». «Антисземля не видна нам потому, что тело Земли ее нам постоянно загораживает».

Текст Филолая, в сочинении которого космология занимала далеко не главное место, возможно, был недостаточно ясен. Аристотель же, которому введение Антисземли и Огня представлялось вопиющей бессмыслицей, вероятно, предпочел буквальное истолкование текста, тем более, что его целью являлась критика пифагорейских взглядов.

Пифагорейцы были первопроходцами, их отличала удивительная глубина и смелость мысли. Их представления о мире строились на древних мифах и собственном мифотворчестве. Но убежденность пифагорейцев в гармонии природы в своей основе была верной, и потому многие их фантастические идеи сыграли важную роль в истории науки. Именно у них идеи гармонического устройства Вселенной приобрели завершенную форму. Признание шарообразности Земли, гипотеза тяготеющего (пусть в мистическом облики) центра, провозглашение музыкально-математического закона расстояний между орбитами светил наполнило древние орфические представления геометрическим смыслом.

Позже, во многом близкий к пифагорейцам Платон заменил «Очаг Вселенной» Филолая абстрактной творящей душой, а Аристотель подлинно «физическим», к которому «по природе» стремится материя. И он же разработал механику, которая похоронила идею осевого вращения Земли. Однако, возможно, предложенная им в пылу полемики или по ошибке гипотеза орбитального движения нашей планеты была переосмыслена Аристархом Самосским, а через пятнадцать столетий Николаем Коперником.

Глава 5 ГАРМОНИЯ СФЕР

Платон в полемике о форме мира

Великий мыслитель Платон (427 – 310 до н.э.) после казни в 399 г. до н.э. своего учителя Сократа покинул Афины и несколько лет провел в греческих городах юга Италии и Сицилии. Там он встречался с пифагорейцами и проникся многими их идеями. Близким другом Платона стал один из последних ранних пифагорейцев Архит Тарентский, крупный математик и общественный деятель, который не раз выручал философа во время его конфликтов с сиракузскими правителями. Вернувшись в Афины, Платон основал «Академию», философскую школу, просуществовавшую почти тысячу лет. Неудивительно, что до нас дошли практически все сочинения философа.

Сведения о системе мира Платона содержат диалоги «Государство» и «Тимей», в которых заметно влияние орфических и пифагорейских взглядов. В конце «Государства», где речь идет о посмертном воздаянии, Платон приводит рассказ мифического Эра, пережившего смерть и воскресение, о том, что он видел в загробном мире. В диалоге «Тимей», действие которого происходит на следующий день после беседы о государстве, один из участников разговора, философ Тимей из Локр Итальянских, подробно излагает Платоновскую космогонию и его систему мира.

После недолгой беседы об Атлантиде Тимей начинает монолог и, никем не прерываемый, ведет его на протяжении 70 страниц. Сперва он говорит о божественности космоса – идее, которая наиболее ярко описана в «Рапсодической теогонии» орфиков. При этом важная роль отводится сферической форме мира. Здесь интересно сравнить слова Платона с аналогичными утверждениями Эмпедокла, пульсирующая Вселенная которого время от времени превращается в «Сферос» – идеальный шар, заполненный равномерной смесью элементов. В поэме «О природе» философ так описывает его:

«Там различить невозможно ни Солнца проворные члены,
Ни косматую силу Земли не увидишь, ни моря;
Так, под плотным покровом Гармонии, там утвердился
Сферос, шару подобный, гордясь, что единствен и замкнут...
Нет у него ни двух ветвей, что из плеч вырастают,
Нет ни быстрых колен, ни ступней, ни частей детородных:
Сферос, шару подобный, был равен себе отовсюду».

(перевод М.Л.Гаспарова)

[Лукреций, 1983, с.280; DK31, В,27,28,29]

Возникает вопрос, во имя чего Эмпедоклу понадобилось сообщать, что у Вселенной нет ни рук, ни ног, как будто это не очевидно? Похоже, что перед нами следы полемики с оппонентами, которые мыслили обожествленный мир в виде антропоморфного существа, что противоречило законам геометрической гармонии.

В «Тимее» Платон продолжает начатую Эмпедоклом полемику, приводя в пользу сферичности космоса ряд доводов. В начале монолога Тимей рассуждает о том «по какой причине устроил возникновение и эту Вселенную тот, кто их устроил» [Платон, 1971, с.470, Тим.29а]. Согласно Тимею «Вечносущий бог» (Хронос орфиков?) пожелал создать нечто прекрасное, подобное себе. Платон пишет:

«...ни одно творение, лишённое ума, не может быть прекраснее такого, которое наделено умом;... а ум не может обитать ни в чем, кроме души. Руководствуясь этим рассуждением, он устроил ум в душе, а душу в теле и таким образом построил Вселенную... Итак,... следует признать, что наш космос есть живое существо, наделённое душой и умом...»

[Платон, 1971, с.471; Тим.30b].

Это важное заявление. Платон рассматривает Вселенную в качестве божественного организма, и дальше логически обосновывает ее сферичность, повторяя образы поэмы Эмпедокла:

«Всю поверхность сферы он (демиург) вывел совершенно ровной, и притом по различным соображениям.

Так, космос не имел никакой потребности ни в глазах, ни в слухе, ибо вне его не осталось ничего такого, что можно было бы видеть или слышать. Далее, его не окружал воздух, который надо было бы вдыхать.

Равным образом ему не было нужды в каком-либо органе, посредством которого он принимал бы пищу или извергал обратно уже переваренную... ибо... [тело космоса] было искусно устроено так, чтобы получать пищу от своего собственного тления, осуществляя все свои действия... в себе самом и через себя самого...

Что касается рук, то не было надобности что-то брать ими или против кого-то обороняться, и потому он счел излишним прилаживать их к телу, равно как и ноги... Ибо такому телу из семи родов движения он уделил... тот, который ближе всего к уму... Поэтому он заставил его единообразно вращаться в одном и том же месте. Поскольку же для такого круговращения не требовалось ног, он породил [это существо] без голей и стоп...

Весь этот замысел вечносущего бога, относительно бога, которому только предстояло быть (то есть мира), требовал, чтобы тело [космоса] было сотворено гладким, повсюду равномерным... Так он создал небо, кругообразное, вращающееся, одно единственное, но... способное пребывать в общении с самим собою...»

[Там же, с.473 – 474; Тим. 33е – 34b].

Кому адресовались эти подробные и наивные рассуждения, в которых, правда, содержится нетривиальная идея замкнутой экологической

системы? Их адресатами видимо были приверженцы течения орфизма, связанного с мифом «Рапсодической теогонии», где Зевс отождествлялся со Вселенной. («Царское тело одно, а в нем все это кружится...»). И у Эмпедокла и у Платона речь шла о философском переосмыслении мифа, его толкования с точки зрения проблемы единства мира. Эмпедокл решал ее исходя из «физических» законов – на основе взаимодействия вещества с борющимися силами «Любви» и «Вражды», согласно провозглашенному им принципу возможности возникновения порядка из хаоса.

Платон напротив, «очищал» свои построения от «физики». Для него космос был устроен наилучшим возможным образом, и его свойства не требовали «физических» обоснований. Приняв пифагорейскую идею гармонии мира, он отказался от их попыток сконструировать «рациональный» космос. В центре мира вместо «Очага Вселенной» он поместил душу, которая затем распространяется из центра, «облекает мир извне» и не является небесным телом. Поэтому философ смог обойтись без Солнца-зеркала и Антиземли. Зато в его космосе получила развитие пифагорейская магия чисел.

Мир видения Эра

Согласно изложенному в «Государстве» мифу Платона, душа убитого в бою памфлийца Эра вместе с душами других погибших пришла в некое место, откуда был виден:

«...луч света, протянувшийся через все небо и землю, словно столп... посередине этого столпа света свешивающиеся с неба концы связей... На концах этих связей висит веретено Ананки, придающее всему вращательное движение. У веретена ось и крюк из адаманта, а вал – из адаманта в соединении с другими породами»

[Платон, 1971, с.449; Гос.616 b – c].

Здесь Вселенная представлена в виде веретена Ананки (Необходимости). «Столп света» – мировая ось, к ней на «цепи» и «крюке» подвешена алмазная ось составного веретена (здесь можно вспомнить золотую цепь Зевса из «Рапсодической теогонии»). Вокруг оси обращаются светила; несущие их сферы не совсем удачно названы «валами». В мифе об Эре Платон не различает осей мира и эклиптики, заставляя все небесные тела обращаться вокруг мировой оси. Дальше веретено описано как бы «в разрезе», в виде ряда вложенных друг в друга «валов». Платон пишет:

«Всех валов восемь, они вложены один в другой, их края сверху имеют вид кругов на общей оси, так что снаружи они как бы образуют непрерывную поверхность...»

[там же, 616 d].

Дальше даются размеры «кругов», то есть колец, образованных их краями. Первое кольцо названо «наружным» – отсчет ведется от периферии к центру, но перечисляются они в порядке убывания размеров. Платон пишет: «Первый наружный вал имеет наибольшую поверхность круга,

шестой вал – вторую по величине, четвертый – третью...» [там же]. Соотношения размеров такие (первое число – место по величине второе – номер круга от периферии): 1 – N1, 2 – N6, 3 – N4, 4 – N8, 5 – N7, 6 – N5, 7 – N3, 8 – N2. Сообщив о размерах, Платон переходит к особенностям кругов, которые позволяют установить порядок светил (в скобках приведена общепринятая интерпретация):

«Круг самого большого (первого) вала – пестрый (небо звезд), круг седьмого вала – самый яркий (Солнце); круг восьмого заимствует свой цвет от света, испускаемого седьмым (Луна); круги второго и пятого валов близки друг к другу и более желтого, чем те, оттенка (Сатурн и Меркурий); третий же самого белого цвета (Юпитер), четвертый красноватого (Марс), а шестой стоит на втором месте по близости (Венера). Все веретено в целом, вращаясь, совершает всякий раз один и тот же оборот, но при его вращательном движении внутренние семь кругов медленно поворачиваются в направлении, противоположном вращению целого»

[там же, 616e – 617a].

То есть, светила участвуют в суточном вращении неба, но имеют и собственные противоположные движения. Дальше говорится о скорости кругов, причем Платон замечает, что седьмой шестой и пятый круги (Солнце, Меркурий и Венера) «движутся с одинаковой скоростью» (речь идет о синодических периодах обращения). Из этих указаний диалога выясняется «Платоновский» порядок светил. Он таков: Звезды, Сатурн, Юпитер, Марс, Меркурий, Венера, Солнце, Луна. [Рожанский, 1979, с.252]. Этот порядок отличается от более позднего, принятого Птолемеем, у которого Меркурий и Венера помещены между Луной и Солнцем. Затем речь идет о Сиренах, которые своим пением создают «музыку сфер» и мойрах – богинях судьбы, вращающих веретено.

Перед нами весьма схематическое описание Вселенной, где все светила движутся вдоль экватора, и о сложности движения планет не упоминается. Зато имеются данные об относительных «размерах кругов». Позже Платон более подробно обратился к этой теме в «Тимее».

Гармония сфер

В «Тимее» творение мира выглядит так: демиург, создав вещество из смеси сущностей «тождественной» (тождественной самой себе, то есть неизменной, идеальной) и «иной» (изменчивой материальной), приступает к построению небесных сфер. Платон пишет:

«...рассекши весь образовавшийся состав по длине на две части он сложил обе части крест-накрест наподобие буквы X и согнул каждую из них в круг, заставив концы сойтись... После этого он принудил их единообразно... двигаться по кругу, причем сделал один из кругов внешним, а другой – внутренним. Внешнее вращение он нарек природой тождественного, а внутреннее – природой иного».

[Там же, с.475; Тим.36b, c].

Пересечение кругов означает наклон эклиптики по отношению к оси мира. Внешний круг – небо звезд, неизменных и вечных, внутренний – заготовка для остальных тел Вселенной, включающих «блуждающие» светила а также, возможно, и внутреннюю зону с Землей, которую Филолай называл «областью изменчивого рождения». Дальше Платон сообщает, что демиург внешний круг оставил: «единым и неделимым, в то время как внутреннее движение шестикратно разделил на семь неравных кругов, сохраняя число двойных и тройных промежутков» [Там же, с.476; Тим.36d]. Здесь под «кругами» подразумеваются сферы, несущие Солнце, Луну и планеты, которые прямо не названы. Особое внимание уделено соотношениям размеров частей мира. Эти отношения вытекают из описания деления демиургом «внутреннего движения», которое приведено несколько раньше:

«Делить же он начал следующим образом: прежде всего отнял от целого одну долю, затем вторую, вдвое большую, третью – в полтора раза больше второй и в три раза больше первой, четвертую, вдвое больше второй, пятую – втрое больше третьей, шестую – в восемь раз больше первой, а седьмую больше первой в двадцать семь раз»

[Там же, с.475; Тим.35b, c – 36a].

Это деление, описывающее «гармонию сфер» составляет ряд чисел: 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27, состоящий из единицы и двух прогрессий – 2, 4, 8 и 3, 9, 27, перемешанных между собой*. Согласно пифагорейской символике «единица» обладает нерушимостью, «троица» также отличается устойчивостью, а «двоица», напротив, склонна распадаться. Таким образом строится ряд «гармони сфер», основанный на смешении чисел, символизирующих «природу тождественного» и «природу иного», который отражает созданную демиургом структуру вещества Вселенной**.

Существуют различные толкования этих соотношений. Их символическое понимание дает А.Ф.Лосев. Опираясь на комментарий Прокла к «Тимее», он пишет:

«Прежде всего представляли себе, что вокруг неподвижной земли расположено концентрически несколько слоев инородных пространств. Представляли далее себе, что всякое такое пространство имеет собственное время и

* В ряду Платона девятка стоит впереди восьмерки. Этот «противоестественный» порядок приводит к досадным опечаткам, которые встречаются во многих работах, посвященных Платону. Так, ряд 1, 2, 3, 4, 8, 9, 27 вместо соответствующему тексту приводится в книгах И.Д.Рожанского [Рожанский, 1979, с.257], Ф.Корнфорда [Cornford, 1937, с.79], Д.Дикса [Dicks, 1970, с.119] и даже в комментариях к сочинениям Платона [Платон, 1971, с.668].

** Следует заметить, что текст Платона несколько противоречив. Сперва философ говорит о создании материала и его делении на 7 «гармоничных сфер», игнорируя небо звезд. Дальше следует процитированный абзац, который начинается словами: «Затем, рассекши весь образовавшийся состав...» То есть получается, что выделение материала для создания неба звезд и области планет шло из уже разделенного раньше состава. Однако, тут же выясняется, что демиург «внутреннее движение шестикратно разделил на семь неравных кругов». После чего логично было бы поместить предыдущий абзац, начинающийся словами: «Делить же он начал следующим образом...» Создается впечатление, что абзацы переставлены.

движение. Для мысли стояла задача раскрыть, каково же взаимоотношение этих сфер между собою... В «Гармонии сфер», желая дать представление о разности и неоднородности времени в различных сферах, Платон пользуется общепифагорейской диалектикой числа... Разумеется такое построение полно всякой наивности, но... было бы глупо думать, что числа 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27 в представлении Платона суть действительно то, что мы теперь называем числами. Это, конечно, не числа, а просто символы взаимоотношения этих упорядоченностей»

[Лосев, 1927, с.193 – 194].

Хотя Платон и пишет, что планеты были созданы «дабы блюсти и определять числа времени» [Платон, 1971, с.478, Тим. 38, d], все же представляется, что данный ряд чисел в какой-то мере относится и к размерам элементов планетной системы. Об этом говорит сопоставление величин «кругов» светил в «Государстве», где речь идет определенно об их геометрии. Так же, к примеру, воспринимает «гармонию сфер» христианский автор III в. Иполит. В сочинении «Опровержение всех ересей», он сохранил для нас величины космических расстояний, найденных Архимедом (см. главу 9.) Однако приводит он их в качестве отрицательного примера – нарушения Платоновской «гармонии сфер». Иполит пишет:

«Изложенные Архимедом числа и приводимые другими отношения касательно расстояний, если они не будут находиться в созвучных отношениях, то есть так называемых платоновских двойных и тройных, то, оказавшись вне созвучий, они не могут сохранить гармонического строения Вселенной»

[Архимед, 1962, с.370].

При этом приверженность Иполита к космологии Платона так велика, что приняв за основу «Архимедово» расстояние от Земли до орбиты Луны и (554 мириады 4130 единиц стадий) и используя «Платоновский» порядок светил, писатель последовательно умножает эту величину на числа ряда «гармонии сфер» и вычисляет «правильные» «глубины сфер» (интервалы между орбитами светил) от Солнца до Сатурна, выраженные восьмью и девятизначными числами.

По логике вещей количество «частей» материала, выделенного демиургом на создание определенной сферы, должно определять ее размеры. Таким образом и в «Государстве» и в «Тимее» философ приводит сведения об относительных величинах космических расстояний. Казалось бы данные «Государства» и «Тимея» должны соответствовать друг другу. Однако они совершенно не сходятся между собой. Это тем более странно, что диалоги сюжетно связаны – беседа с Тимеем происходит на другой день после того, как Сократ излагал тем же слушателям свой проект «идеального» государства.

Хотя этот вопрос и не имеет принципиального значения, хочу высказать предположение, объясняющее причины такого несоответствия и позволяющее дать новую, на мой взгляд более вероятную реконструкцию геометрии Вселенной Платона [Житомирский, 1985].

Рассматривая данные «Тимея», следует учесть два обстоятельства, вытекающие из сути подготовки процесса миротворения. Во-первых ряд гармоничных интервалов не распространяется на небо звезд. Во-вторых ширина ближайшей к Земле сферы не может включать всех «частей», иначе не осталось бы материала для постройки Земли и прилегающего к ней пространства. Это число должно определять только наружную границу лунной сферы.

Упоминание Платона о том, что демиург отдельно создавал небо звезд (Олимп Филолая), и все остальное, (то есть Космос, Уран и Землю) и для этого «рассек состав по длине на две части», позволяет считать, что на сферу звезд была выделена его половина. В противном случае более естественным было бы говорить не о «рассечении состава на две части», а об отделении от него, какой-либо доли. При этом «глубина» сферы звезд должна равняться сумме интервалов ряда «гармонии сфер», то есть 54 «частям». Такую возможность подтверждает сохраненная Плутархом иранская традиция о равенстве расстояний от Земли до крайней «планетной» сферы и от нее до сферы звезд. Большая величина звездной сферы следует и из текста «Государства», где «круг» неподвижных звезд занимает по размеру первое место («Круг самого большого вала – пестрый»).

Обратим внимание на то, что в «Государстве» отсчет «кругов» ведется от периферии. Кстати, это соответствует и древней традиции – именно так перечисляются светила у Анаксимандра и Филолая. Учитывая сюжетное единство диалогов, естественно было бы ожидать в них одинакового порядка отсчета сфер. Однако, в «Тимее» принято вести отсчет сфер от центра. В самом диалоге направление отсчета не указано, и очевидно принятый порядок связан с традицией, восходящей к Платону или его комментаторам. Возникает вопрос, не является ли несоответствие величин двух диалогов результатом утери первоначальной традиции и ошибочного толкования текста «Тимея»?

Проведем сравнение рядов. Для этого расположим сферы планет в порядке убывания размеров сечений «кругов» согласно данным «Государства» и «Тимея» в принятой интерпретации.

Ряд «Государства»:

Венера, Марс, Луна, Солнце, Меркурий, Юпитер, Сатурн.

Ряд «Тимея»:

Сатурн, Марс, Юпитер, Меркурий, Венера, Солнце, Луна.

Расхождения данных очень велики: в ряду «Государства», где порядок сфер указан, самый большой круг отдан ближней Венере, а в ряду «Тимея» наибольшие круги принадлежат дальним светилам – Юпитеру и Сатурну. То же относится и концу рядов – наименьшие круги в «Государстве» принадлежат Юпитеру и Сатурну, в «Тимее» Солнцу и Луне.

Совершенно иная картина наблюдается при отсчете сфер «Тимея» такому же как в «Государстве» (по направлению к центру). Как говорилось, у

сферы Луны назван только внешний радиус (27) и величина ее «кольца» неизвестна. Поэтому она помещена на том же третьем месте, что и в ряду «Государства»:

Ряд «Государства»:

Венера, Марс, Луна, Солнце, Меркурий, Юпитер, Сатурн.

Ряд «Тимея»:

Венера, Солнце, Луна, Меркурий, Марс, Юпитер, Сатурн.

Здесь уже совпадают начала и концы рядов, то есть их общий характер. Порядок нарушают только Марс и Солнце, что, возможно, связано с искажением текста «Государства». Путаницу можно объяснить опiskeй и последующим «исправлением» текста.

Например, если во время переписывания при указании места третьего по величине круга вместо буквы дзета «ζ» (числа 7) переписчик поставил похожую на нее букву дельта «δ» (число 4), как это имеет место в дошедшем до нас тексте, то последующий толкователь получил бы ряд, в котором дважды упоминается Марс и отсутствует Солнце. Зная, что Солнце в исходном тексте располагалось рядом с Луной, он при «исправлении» ошибки мог поставить его не слева от Луны, как следовало, а справа. При этом Меркурий должен был сдвинуться на место «лишнего Марса» и текст принял бы нынешний вид.

Обнаруженное соответствие геометрических пропорций Вселенной, описанных в «Тимее» и в «Государстве», показывает, что в обоих диалогах речь идет об одной и той же системе мира. Это позволяет предполагать, что соотношения «гармонии сфер» были выработаны Платоном еще до написания «Государства».

Распространение принятого в «Государстве» порядка отсчета сфер на «Тимея», позволяют не только согласовать данные диалогов, но и получить, как кажется, достаточно правдоподобную с эстетической точки зрения реконструкцию системы мира Платона, показанную на рис.15. Радиусы внешних границ сфер вычисляются путем суммирования ряда интервалов «гармонии сфер». В предлагаемой реконструкции они получаются такими:

Внешние радиусы сфер, несущих светила

Луна	-	27	Марс	-	$48 + 3 = 51$
Солнце	-	$27 + 8 = 35$	Юпитер	-	$51 + 2 = 53$
Венера	-	$35 + 9 = 44$	Сатурн	-	$53 + 1 = 54$
Меркурий	-	$44 + 4 = 48$	Звезды	-	$54 + 54 = 108$

Предложив собственный миф о рождении и устройстве мира, Платон завершил создание наиболее совершенной и гармоничной модели космоса, опирающейся на орфические представления. В орфических и иранских мифах мир делился на три основных сферы и имел осевую симметрию, основой которой служила «вселенская вертикаль», проходившая через центр дисковидной Земли. Пифагорейцы, постулировав шарообразность Земли,

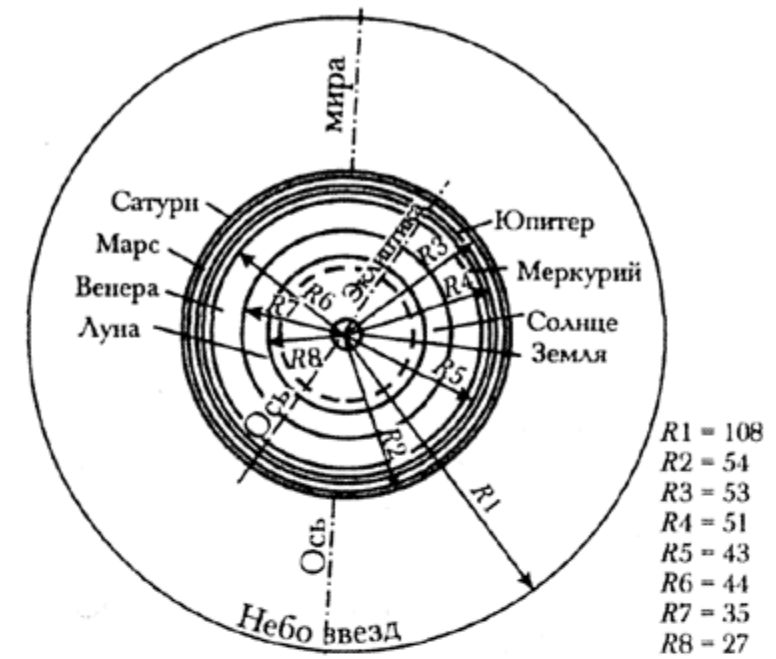


Рис.15. Система мира Платона

перешли к более высокой центральной симметрии. Однако они еще находились под достаточно сильным влиянием орфического мифа и не сумели отойти, например, от идеи «Луна – другая Земля», они пытались преодолеть поклонение Солнцу, путем превращения его в «зеркало», и разделили Землю на два независимых полушария. Все эти фантастические «подробности» лишили Вселенную пифагорейцев полной красоты и гармоничности.

Платон, возможно движимый эстетическим чувством, ушел от лишних деталей и построил геометрически гармоничный мир. Его основой стал идеальный шар разделенный на ряд концентрических слоев, каждый из которых был посвящен своему светилу. Сферическая форма позволяла каждому «слою» двигаться независимо от других, их размеры подчинялись строгим геометрическим соотношениям.

Философ объяснил движение небесных тел как сумму «внешнего (суточного) движения» сферы звезд вокруг оси мира и медленных самостоятельных движений других сфер в противоположном направлении вокруг оси эклиптики. Причем в «Тимее» говорится только об их средних скоростях (так, скорости обращения Солнца, Меркурия и Венеры, названы равными). Возможно, он считал, что движения светил должны быть не только идеально круговыми, но и равномерными, имеющими постоянные скорости. Во всяком случае именно так воспринял задачу математического описания видимых движений планет Евдокс.

Глава 6 В ПЛЕНУ ТРАДИЦИИ

Задача

Платон несомненно знал, что планеты совершают среди звезд достаточно сложные видимые движения. Используя выражение Филолая о том, что светила «кружатся в хороводе» вокруг центра, философ в «Тимее» так пишет о них:

«Что касается хороводов этих божеств, их взаимных сближений, обратного вращения их кругов и забегания вперед, а также того, какие из них сходятся или противостоят друг другу и какие становятся друг перед другом в таком положении по отношению к нам, что через определенные промежутки времени они то скрываются, то вновь появляются, устрашая тех, кто не умеет рассчитывать сроки, и посылая им знамения грядущего, – говорить обо всем этом, не имея перед глазами наглядного изображения, было бы тщетным трудом»

[Платон, 1971, с.480; Тим.40e – d].

Здесь упомянуты: стояния и возвратные движения светил, их соединения и противостояния, наконец, устрашающие невежд затмения и возможность их предсказаний. Однако, ни сам Платон, ни его ученики не сумели создать геометрической теории, способной объяснить эти явления в рамках созданной философом системы мира. И.Д.Рожанский в ссылке Платона на «наглядное изображение» космоса в последних словах фрагмента видит намек на существование каких-то приборов, демонстрировавших небесные движения, например, механические имитации построений Евдокса. [Рожанский, 1979, с.257]. Это кажется вероятным; Евдокс Книдский был на двадцать лет моложе философа, но долгожитель Платон пережил его. Создатель первой теории движения планет скорее всего действительно пользовался при этом механическими моделями.

Наиболее подробные сведения о планетной гипотезе Евдокса дошли до нас в комментариях Симпликия к Аристотелю, где комментатор делает обширные выписки из сочинения Созигена (создателя Юлианского календаря), который в свою очередь опирается на историка математики Евдема (современника и друга Аристотеля). По этим достаточно скудным сведениям итальянский астроном Джованни Скиапарелли (1835 – 1910) в конце XIX в. сумел реконструировать теорию Евдокса, изложив свои исследования в статье «Гомоцентрические сферы Евдокса, Каллиппа и Аристотеля» [Schiaparelli, 1877]. Около 1960 г. И.Н.Веселовский сделал русский перевод этой интересной и важной для истории астрономии работы, который к

сожалению не был опубликован (ниже работа Скиапарелли цитируется по машинописному экземпляру этого перевода). В 1971 г. И.Н.Веселовский выступил с собственной реконструкцией системы Евдокса, опубликованной в докладе «Неевклидова геометрия в древности». Там он следующим образом формулирует стоявшую перед античными астрономами задачу:

«Движения... планет вавилонскими астрологами вычислялись математически; величайший греческий математик того времени Евдокс Книдский, не доверявший вавилонским астрологам, как утверждает римский философ Сенека, дал конкретное механическое представление планетных движений... Движения Луны и Солнца, движение которых приблизительно круговое и равномерное, можно было представить как результат сложения тоже равномерных вращений. Дело осложнилось лишь когда надо было представить видимое движение планет; последние иногда движутся вперед, затем останавливаются, движутся назад, снова останавливаются и возвращаются к движению, так называемому прямому. Так как это прямое движение преобладает, то видимое движение планет можно было бы представить как состоящее из среднего равномерного движения некоторой точки (центра) и колебательного движения вокруг этого центра».

[Веселовский, 1971].

Результат должен был получаться в виде суммы ряда круговых равномерных вращений – это соответствовало и требованиям «гармоничного устройства» космоса, и возможностям тогдашней кинематики, отцом которой и стал Евдокс. Именно на этом принципе была построена его теория, да в принципе и все последующие геоцентрические теории движения планет. Разница состояла только в способе создания «колебательной» составляющей.

Казалось бы наиболее простым и очевидным решением было использование эпицикла. Действительно, наблюдая, например, хоровод, можно видеть как бегущие по кругу танцоры перемещаются от одного края площадки к другому симметрично по отношению к ее центру. Преимуществом этой кинематики является независимость размаха «колебаний» планеты от ее широтных отклонений – первые зависят от радиуса эпицикла, вторые от его наклона к плоскости орбиты центра. Это облегчает подбор параметров при описании наблюдаемых движений планеты и дает траектории близкие к действительным.

Но у этого решения был недостаток, роковой с точки зрения тогдашней философии – оно нарушало центральную симметрию Вселенной. Возможно, именно это заставило Евдокса и его последователя Каллиппа проявить чудеса изобретательности при конструировании небесной кинематики, что в конце концов, после вмешательства Аристотеля, привело к созданию громоздкой системы мира из 55 сфер, связанных сложными вращениями вокруг различных осей.

Планетная гипотеза Евдокса получила название теории «гомоцентрических (то есть концентричных) сфер». В ней ученому удалось сохранить концентрическое строение Вселенной. Центром мира считался центр шарообразной Земли, а границей сферическое небо звезд. Евдокс не посягнул

на основной принцип Платоновской системы мира, а задался целью найти такое сочетание ряда концентричных сфер, равномерно вращающихся друг относительно друга, чтобы движение светила, помещенного на последней из них, соответствовало наблюдениям.

Реконструкция Скиапарелли

Евдокс подходил к решению поставленной задачи чисто математически. Система сфер каждого светила рассматривалась без связи с остальными, и первая сфера у всех вращалась вокруг полюсов мира с периодом в одни сутки. Дальше начинались различия. Движение Солнца описывалось двумя дополнительными сферами – одна отвечала за годовое движение светила вдоль зодиака, другая за весьма небольшие широтные отклонения Солнца «от круга, проходящего через середины зодиакальных созвездий». Представление о наличии этого несуществующего движения, возможно, возникло по аналогии с поведением Луны при несовершенстве тогдашних методов наблюдения. Для Луны, скорость обращения которой также принималась постоянной, вторая сфера «вела» по эклиптике узлы лунной орбиты с периодом 18,6 лет, а третья, наклоненная к зодиаку на 5° вращалась с периодом в один драконический месяц (период обращения Луны относительно узлов орбиты).

Правда, в источнике полюсы второй и третьей сфер Луны названы в обратном порядке, что большинство исследователей признает ошибкой текста, но Д. Дикс [Dicks, 1970] считает такой порядок сфер Луны принадлежащим Евдоксу. Он ссылается на авторитет Аристотеля, который в «Метафизике» пишет, что из сфер планет первая и вторая – те же, что указаны для Солнца и Луны, а у планет вторые сферы определенно обращаются вокруг полюсов эклиптики [Аристотель, 1976, с.313; 12, 8, 15 – 25]. При таком порядке сфер Луна пересекала бы эклиптику 2 раза не за месяц, а за 18,6 лет. В этом случае придется признать, что греческие астрономы эпохи Евдокса имели весьма скромные сведения о широтных движениях светил. Это маловероятно, и скорее здесь имеет место небрежность, допущенная Аристотелем.

С планетами было сложнее, для каждой из них ученый предусмотрел по четыре сферы. Симпликий сообщает (цифровые обозначения по Скиапарелли, курсив авторский):

«4. ...Для каждой планеты сфера, содержащая все другие, вращается вокруг оси мира с востока на запад с тем же периодом, что и сфера неподвижных звезд; вторая, полюса которой находятся на первой, совершают свои обороты в противоположном направлении с запада на восток, вокруг оси полюсов [эклиптики] в период равный тому времени, которое каждая планета кажется употребляющей для обхода всего зодиака (сидерический период обращения). Поэтому (Евдокс) говорит, что у звезд Гермеса (Меркурия) и Эосфора (Венеры) вращение второй сферы совершается в один год, у Ареса (Марса) в два года, у Зевса (Юпитера) в двенадцать, а у Крона, который древние называли «Звездой Солнца» в тридцать.

5. Другие две сферы поставлены, как следует ниже: третья сфера каждой имеет полюсы на круте эклиптики... и вращается от полудня к северу с периодом равным промежутку, который у каждой проходит от одного появления галактического восхода до следующего; в течение этого периода она принимает все конфигурации по отношению к Солнцу. Этот период математики называют синодическим обращением. Он является различным у различных планет и поэтому вращение третьей сферы не одинаково для всех [планет], но согласно Евдоксу для звезды Афродиты (Венеры) оно продолжается девятнадцать месяцев, для звезды Гермеса три месяца, для звезды Ареса восемь месяцев и двадцать дней, для звезд Зевса и Крона приблизительно по тринадцать месяцев для каждой.

Таковыми будут движения и обращения для третьей сферы. *Четвертая сфера, которая будет несущей светило, вращается по определенному косому кругу около осевых [и различных полюсов] для каждой планеты с периодом равным периоду третьей сферы, но в противоположном направлении с востока на запад. Этот косой круг имеет наклонность к наибольшей из параллелей, находящейся на третьей сфере, как он говорит, не одинаковым образом и не на ту же самую величину у всех...*

6. ...Третья сфера, которая имеет свои полюсы помещенными во второй на эклиптике, вращаясь с юга на север и севера на юг, влечет четвертую, несущую светило, и вызывает движения последнего по широте. Однако не только одна она производит это действие, ибо на сколько вместе с этой [третьей сферой] светило продвинулось к полюсам эклиптики и приблизилось к полюсам мира, [на столько же в своем отступательном движении] четвертая сфера, вращаясь вокруг полюсов наклонного круга, на котором находится светило, и совершая свой оборот в противоположном направлении к третьей с востока к западу в одинаковое время [с третьей], заставляет ее еще раз пересечь эклиптику, заставляя светило описать с обеих сторон этого круга [кривую линию], называемую Евдоксом «тишопедой». Последняя [своими извилинами] занимает как раз такую ширину, каким является движение светила по широте; это и было причиной упреков Евдоксу. Такой по Евдоксу является система сфер, числом двадцать шесть, распределенных на семь [светил], именно шесть для Солнца и Луны и двадцать для пяти остальных»

[Скиапарелли, 1960, с.32 – 33];

Разберемся, вслед за Скиапарелли, в положении планеты по отношению к сферам. Что означают выделенные курсивом слова Симпликия о том, что *четвертая сфера, несущая светило, вращается по косому кругу, который наклонен к наибольшей из параллелей, третьей сферы?* Очевидно «косой круг» четвертой сферы является ее экватором (как и «наибольшая параллель» третьей). Кроме того Симпликий сообщает, что планета находится на *наклонном круге*, то есть на экваторе четвертой сферы, и расстояние от ее полюса до планеты составляет 90° .

Таким образом первая сфера отвечает за суточное движение, вторая ведет планету вдоль зодиака с периодом сидерического обращения, а третья и четвертая имитируют стояния, попятные движения планеты и ее отклонения по широте. Для этого на экваторе второй сферы (эклиптике) помещены полюса третьей, на которой под углом закреплена ось

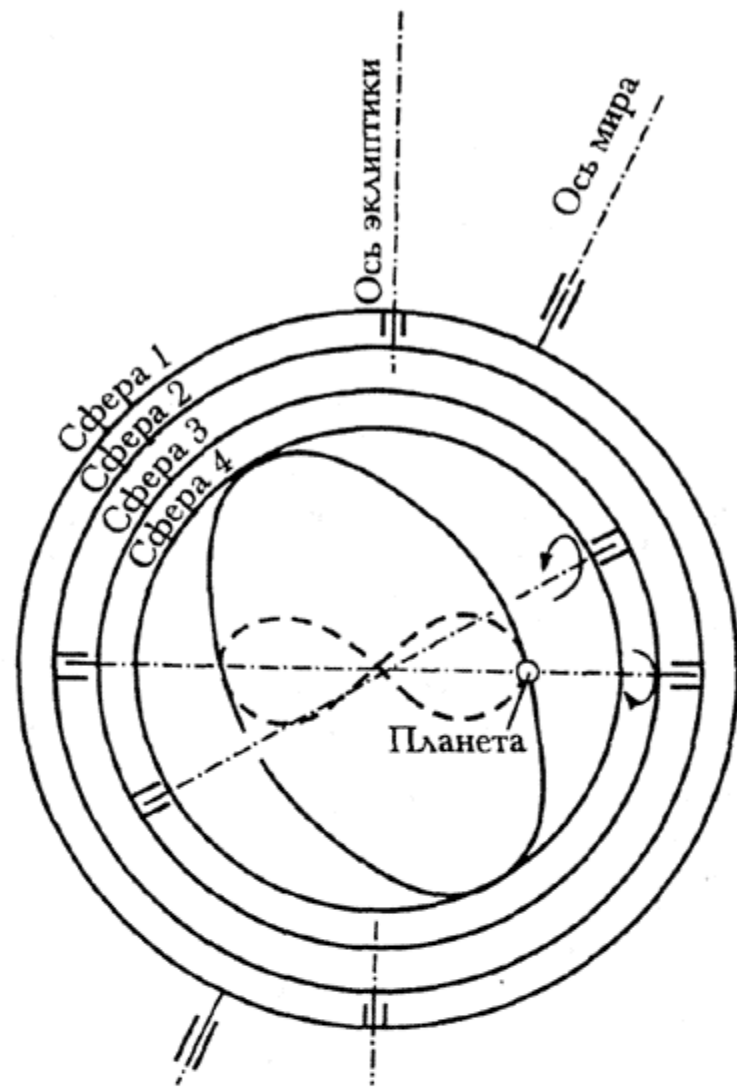


Рис.16. Схема кинематики Евдокса для верхних планет по Д.Скиапарелли

четвертой. Две последние сферы движутся с периодами синодического обращения навстречу друг другу. При этом планета, помещенная на экваторе четвертой сферы, удерживается в области зодиака. Схема кинематики Евдокса для верхних планет по Скиапарелли показана на рис.16.

Сложение движений третьей и четвертой сфер заставляет планету описывать «восьмерку». Эта кривая, именуется в современной математике сферической лемниской. Евдокс назвал ее «гиппопедой», поскольку она напоминала дорожку ипподрома, на которой лошадей приучали попеременно делать правые и левые повороты. Она известна из современной Евдоксу литературы; знаменитый греческий писатель и политик Ксенофонт Афинский (ок.430 – 355) в сочинении «О верховой езде» пишет: «Мы хвалим этот маневр, который делается по линии, называемой “педой”, так как он упражняет лошадей в поворотах в обе стороны челюстей».

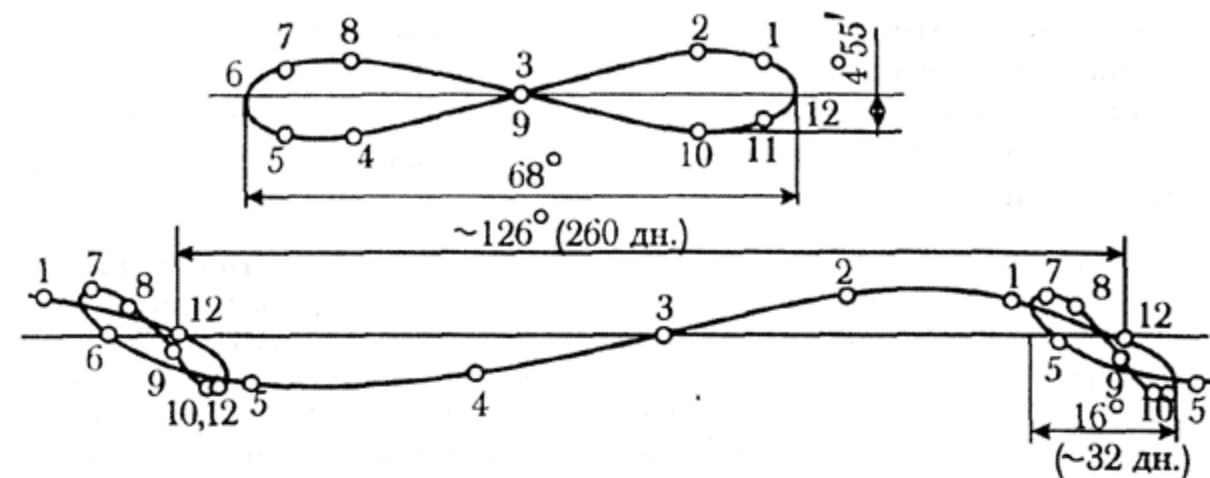


Рис.17. Схема траектории Марса по Евдоксу согласно реконструкции Скиапарелли; а - "гиппопеда" - траектория, полученная вращением 3-й и 4-й сфер, б - путь планеты среди звезд, с учетом переноса сфер 3 и 4 вдоль эклиптики второй сферой

Период вращения двух последних сфер равнялся периоду синодического обращения планеты, то есть времени между соседними стояниями и попятными движениями. Таким образом, когда планета двигалась по «прямой» ветви гиппопеды, ее скорость суммировалась со скоростью сидерического обращения, а при обратном движении – вычиталась. Если «обратная» скорость планеты (максимальная в средней области гиппопеды) превышала «сидерическую», происходило ее видимое попятное движение. На рис.17а показана развертка гиппопеды для Марса, построенная Д.Скиапарелли по данным Симпликия и наблюдаемым движениям планеты, на рис.17б – развертка пути Марса вдоль эклиптики, которая получается при сложении движения по гиппопедой с его сидерическим обращением. Длина гиппопеды, зависит от угла между осями третьей и четвертой сфер, а придаваемые ею планете скорости от размера гиппопеды и периода синодического обращения. Широтные отклонения планеты от эклиптики равнялись ширине гиппопеды, и сидерическое движение на них не влияло.

Эта сложная пространственная задача, возможно, решалась с привлечением механических моделей. Такой подход характерен для учителя Евдокса Архита Тарентского. Сохранились сведения о решении Архитом задачи «удвоения куба» кинематическими методами. По этому поводу Плутарх замечает, что: «...Платон порицал Евдокса, Архита и Менехма за то, что они пытались свести удвоение объема к органическим и механическим конструкциям» [DK47, A15]. Скиапарелли также не исключает такой возможности. Он пишет:

«Евдокс и Каллипп не имели точных инструментов, не пользовались помощью тригонометрии и поэтому обходились графическими построениями и, может быть, той частью механики, которой греки дали имя “сферошии”; она, по видимому была тогда более необходимой и важной, чем в настоящее время» [Скиапарелли, 1960, с.41]; («Сферошией», называли механическое моделирование небесных движений).

Интересно, что подобный подход использовался и в истории науки. Скиапарелли отмечает, что до него историки астрономии относились к «сферам» Евдокса, как к некоему недоразумению. Исключением был немецкий ученый Л.Иделер, который оценил Евдокса еще в начале XIX в. Скиапарелли так говорит о нем:

«Единственным, который, насколько я знаю, попытался с частичным успехом узнать в какой-то мере сущность механизма гомоцентрических сфер, и дал должную справедливую оценку их автору был Людвиг Иделер в своей прекрасной монографии об Евдоксе. Иделер установил основной принцип этой теории и сумел при помощи обыкновенного глобуса дать приблизительно картину, каким образом Евдокс объяснял остановки и попятное движение планет и их перемещения по долготе»

[Скиапарелли, 1960, с.8]; (Труд Иделера был опубликован Берлинской Академией в 1828 – 1830 годах).

В своей работе Скиапарелли показал как на уровне ранней античной геометрии могла теоретически и методом построения решаться задача получения гиппопеды. Он вычислил наклоны осей последних сфер относительно предпоследних для всех планет, исходя из наблюдаемых размахов попятных движений и предполагавшихся согласно сообщению Симпликием Евдоксом сидерических и синодических периодов их обращения. В результате астроном получил траектории, которые удовлетворительно отображают их видимые пути среди звезд. Следует заметить, что время синодического обращения планеты связано с ее сидерическим периодом простым соотношением, которое в неявном виде упоминает Птолемей, но видимо в эпоху Евдокса оно еще не было известно.

Реконструкция И.Н.Веселовского

Профессор И.Н.Веселовский обнаружил свою реконструкцию системы Евдокса в апреле 1971 г. на проходившем в Москве XIII Международном конгрессе по истории науки в докладе «Неевклидова геометрия в древности». Там среди прочего, он предложил другой механизм образования гиппопеды. Описывая «колебательную» составляющую движения планеты, он пишет:

«Если бы движение планеты происходило на плоскости, то это колебательное движение можно было бы получить так. Около неподвижной точки O (среднего положения планеты) вращается равномерно прямолинейный отрезок OA длины a . К концу этого отрезка прикреплен другой прямолинейный отрезок AB такой же длины a , конец которого скользит по проходящей через O неподвижной прямой Ox . Нетрудно видеть, что отрезок AB будет поворачиваться вокруг B с такой же угловой скоростью, как и отрезок OA , но только в противоположную сторону»

[Веселовский, 1971].

Прототипом этой схемы является прямолинейный спрямительный механизм. При равенстве противоположных угловых скоростей отрезков,

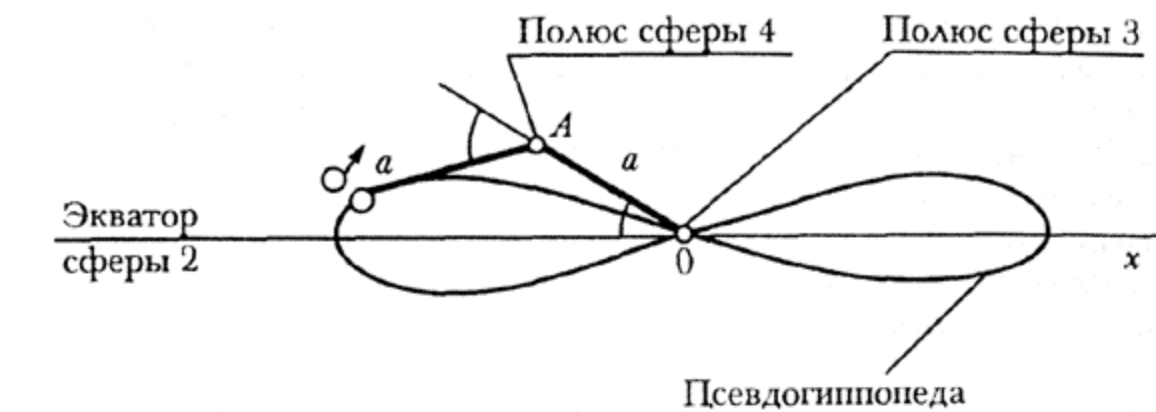


Рис.18. Схема кинематики Евдокса для верхних планет по И.Н.Веселовскому

конец второго должен совершать прямолинейное возвратно-поступательное движение, размах которого составит четыре длины исходного отрезка. Схема этого механизма показана на рис.18.

И.Н.Веселовский заметил, что при «сферическом» исполнении, если отрезки будут частями дуг больших кругов сферы, конец рычага опишет кривую, подобную гиппопедой. Однако, у итальянского астронома планета ведет себя подобно лошади на ипподроме. Она движется по прямой, потом поворачивает, например, направо возвращается к центру дорожки, пересекает ее, и после поворота налево возвращается к центру, чтобы снова пересечь ее. Так коню дают возможность, отдыхая на прямых участках, тренироваться в выполнении правых и левых поворотов. В механизме И.Н.Веселовского ветви гиппопеды в центре не пересекаются, а касаются. Это как бы деформированная окружность, и воображаемая лошадь на краях такой дорожки была бы вынуждена делать повороты все время в одну сторону.

Но, в конце концов, название траектории светила не обязано должно полностью соответствовать дорожке, которую напоминает – достаточно и общего сходства формы, поэтому реконструкция И.Н.Веселовского заслуживает серьезного внимания. Правда, этой модели противоречат два сообщения источника, – первое о том, что планета «еще раз пересекает эклиптику», второе о том, что планета закреплена на экваторе четвертой сферы (на ее «косом» или «наклонном» круге). В механизме И.Н.Веселовского угол между планетой и полюсом четвертой сферы равен не 90° , а удвоенному углу между осями третьей и четвертой сфер. Есть и дополнительное соображение, говорящее не в пользу реконструкции И.Н.Веселовского. Предложенный им механизм позволяет описать движение Марса лучше, чем механизм Скиапарелли, и, если бы Евдокс принял его, возможно Каллиппу не пришлось бы дополнять кинематику Марса еще одной сферой (о чем ниже).

Проблема Марса

Для разбираемой темы прежде всего интересна возможность проверки предсказаний теории наблюдением, то есть близость теоретической траектории, которую планета должна описывать среди звезд, с наблюдаемой. Наиболее приемлемым объектом для этого является Марс. Именно у

него «конфигурации» достаточно выражены и доступны наблюдению. У остальных планет, напротив, их наблюдать значительно сложнее. Большая часть путей Меркурия и Венеры скрыта близостью к Солнцу, а у Юпитера и Сатурна величины возвратных движений невелики, как и сопутствующие им широтные отклонения.

Периоды обращений планет по Евдоксу, которые сообщает Симпликий, приблизительно соответствуют действительным, за одним весьма важным исключением: для Марса указан период синодического обращения в 260 дней (8 месяцев и 20 дней) вместо наблюдаемых 780. Тем не менее, гипопеда, которую Скиапарелли построил с учетом ошибочного периода, неплохо описывает величину попятного движения планеты и ее отклонения по широте (длина этой кривой составляет 68° , а ширина около 10°). Напротив, для периода близкого к действительному, из-за малой скорости вращения третьей и четвертой сфер, приемлемую гипопеду получить невозможно – с увеличением до нужных размеров ее длины, ширина кривой вырастает до 60° , что заставило бы Марс уходить по широте далеко за пояс зодиакальных созвездий.

Правда, сохраненный источником период синодического обращения приводит к более частым попятным движениям Марса, чем это наблюдается в действительности, но не исключено, что это при отсутствии практики постоянного наблюдения планет было не так уж заметно. Возможно, перед нами случайная ошибка Евдокса, позволившая ему получить «хорошую» гипопеду, но мне кажется, скорее это результат «подгонки» условий задачи под готовый ответ. В любом случае этот просчет говорит о ненадежности в Греции того времени сведений о движении планет.

Реформы Каллиппа и Аристотеля

Таким образом в 60-х годах IV в. до н.э. Евдоксом была создана первая в истории геометрическая теория движений «блуждающих светил», которая могла быть подтверждена или опровергнута наблюдениями. Она явилась вызовом наблюдательной астрономии, перенесла дискуссию о мироустройстве с уровня абстрактных построений на уровень исследования действительности.

Ясно, что наблюдения должны были выявить частичную несостоятельность теории Евдокса. В ее посылках были три заметных неточности: во-первых, ученый посчитал орбитальную скорость Солнца постоянной, хотя за столетия до него афинский астроном Евктемон установил, что астрономические сезоны (периоды между солнцестояниями и равноденствиями) имеют разную длину; во-вторых, он воспользовался неверной оценкой периода синодического обращения Марса; наконец, в-третьих, имелось полное несоответствие действительности предложенных Евдоксом видимых траекторий верхних планет. Одним из характерных свойств гипопеды, о котором упоминает и Симпликий, было утверждение, что за время стояния, попятного и ускоренного движений, планета должна

четырежды пересечь эклиптику. Но в действительности планеты описывают среди звезд не «восьмерки», а петли или зигзаги и если пересекают эклиптику, то не больше двух раз.

Очевидно уже первые грубые попытки проверить гипотезу Евдокса выявили ее основные погрешности. Тридцатью-сорока годами позже, уже в эпоху походов Александра Македонского, выдающийся астроном, продолжатель дела Евдокса, Каллипп Кизикский реформировал его теорию и помог Аристотелю создать на основе гомоцентрических сфер систему мира перипатетиков. Симпликий сообщает:

«Кизикец Каллипп, который учился вместе с Полемархом, знавшим Евдокса, пришел вместе с этим Полемархом в Афины, чтобы побеседовать с Аристотелем об изобретениях Евдокса и при его помощи исправить их и дополнить. Поэтому, веря Аристотелю, что все небесные тела должны вращаться вокруг центра мира, он предпочел предположения о вращающихся сферах, гомоцентрических со Вселенной, а не гипотезы об эксцентрах, принятых позднейшими...»

Относительно Каллиппа Аристотель в XII книге «Метафизики» написал следующее: «Каллипп предполагает ту же самую последовательность расстояний; он придает то же самое число сфер как Зевсу (Юпитеру) так и Кроносу (Сатурну), но для Солнца и Луны он полагал необходимым прибавить две сферы [каждому светилу], чтобы сохранить сущность явлений; для остальных же (Марса Венеры и Меркурия) по одной для каждой...»

Однако неизвестно какое-нибудь произведение Каллиппа, в котором он объяснил бы причину прибавления сфер, так же и Аристотель ее не дал. Однако Евдем кратко рассказывает на основании каких явлений [Каллипп] думал, «что нужно добавить эти сферы...»

[Скиапарелли, 1960, с.31;

Аристотель, 1976, с.313; 12,8,15 – 25].

Эти причины – учет неравномерностей скоростей Солнца и Луны; у Марса Венере и Меркурии Симпликий подробностей не сообщает. Исходя из известных движений светил, Скиапарелли, предположительно реконструировал возможный характер усовершенствования теории Евдокса. Две дополнительные сферы Солнца и Луны могли создавать небольшие гипопеды, несколько менявшие их орбитальные скорости. Для Марса, Венеры и Меркурия ученый предположил изобретение Каллиппом механизма увеличения скорости перемещения светила по гипопеде.

Астроном предположил, что для этого Каллипп должен был заставить четвертую сферу вращаться в том же направлении, что и третью (у Евдокса в противоположном), но зато добавленную пятую пустить им навстречу с удвоенной скоростью. При этом получится «гипопеда с петельками» на концах, зато скорость движения светила позволит показать попятное движение Марса при синодическом периоде в 780 дней, а также лучше изобразить движение Меркурия и Венеры. Астроном не настаивает на правильности своей реконструкции и считает ее лишь одним из вероятных

решений задачи. Возможно, именно так, не затрагивая основного принципа построения, Каллипп исправил теорию Евдокса.

Аристотель сделал теорию Евдокса-Каллиппа основой своей системы мира. Но, если Евдокс рассматривал задачу описания движений светил с чисто математической точки зрения, то Аристотель стремился к созданию «физической» модели Вселенной. Поэтому он построил единый «механизм», способный объяснить все космические движения. Для этого Аристотель добавил к Каллипповым сферам каждого светила столько же «реактивных» или «нейтрализующих» сфер, подобных основным, но вращающихся противоположно и приводящих последнюю сферу светила в исходное положение. Таким образом независимые механизмы движений Солнца, Луны, планет и звезд соединились в единый комплекс, приводимый во вращение внешним Перводвигателем.

При этом количество сфер в космосе Аристотеля достигло 55. Они были сделаны из особого вещества «эфира», добавленного философом к четырем традиционным элементам – земле, воде, воздуху и огню. Пятый элемент или по латыни «квинтэссенция», считался абсолютно прозрачным, твердым и нерушимым. При этом предложенная Евдоксом кинематика в принципе сохранилась. Можно сказать, что Евдокс, Каллипп и Аристотель довели орфическую модель Вселенной до совершенства, дополнив мистические построения Платона конкретной кинематикой и «физикой». Можно заметить, что предложенные Платоном «гармонические» расстояния между светилами могли оставаться в силе – в геоцентрической системе расстояния до светил (кроме Луны и Солнца) определить трудно, и размеры крайних сфер можно принять любыми.

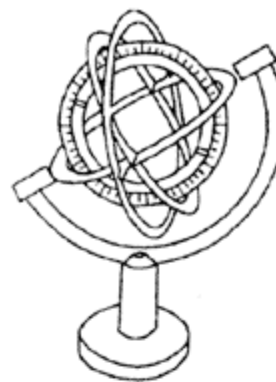
Правда, Архимед в «Псаммите» («Об исчислении песчинок») рисует несколько иную картину. Обращаясь к сыну царя Сиракуз Гелону, он пишет:

«Ты знаешь, что по представлению некоторых астрономов мир имеет форму шара, центр которого совпадает с центром Земли, а радиус равен прямой, соединяющей центры Солнца и Земли»

[Архимед, 1962, с.358].

Эта цитата показывает, что часть ученых представляла себе сферы Солнца и планет в виде сравнительно тонкого «слоя», расположенного в непосредственной близости к небу звезд.

В заключение можно отметить, что хотя Каллипп знал движения светил лучше Евдокса, но, очевидно, еще не настолько, чтобы отвергнуть гипотезу. Поэтому задача, поставленная теоретиками наблюдателям осталась в силе, и повидимому была решена в начале следующего века астрономами Александрии.



Часть 2

Преодоление мифа

Глава 7

НАБЛЮДЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ

С древнейших времен наблюдения неба имели важный общественный смысл. Они были необходимы для ведения календаря, служили религиозным и астрологическим целям. Для этого были важны периоды времени между астрономическими событиями, но траектории движения планет мало кого занимали. Появление планетной гипотезы Евдокса-Каллиппа стало своеобразной революцией – впервые появилась возможность подтвердить или опровергнуть наблюдения выводы теоретиков, перенести философские споры об устройстве Вселенной из мира рассуждений в область исследования действительности.

Не следует переоценивать роль успехов астрономии в общественном сознании античного общества. Параллельно с орфико-пифагорейской моделью Вселенной, основанной на вере в математическую гармонию ее устройства, вершиной которой стали системы Платона и Аристотеля, существовали и другие. Наиболее влиятельные философские учения поздней античности – стоическое, созданное Зеноном Китийским (ок. 336 – ок. 262 до н.э.) и эпикурейское, провозглашенное на несколько лет раньше Эпикуром Афинским (442 – 341 до н.э.), опирались на качественные умозрительные объяснения небесных явлений, восходящие к воззрениям древних мыслителей Гераклита Эфесского, Анаксагора, Демокрита, Анаксимандра, пифагорейцев. Причем астрономические построения математиков, даже обоснованные наблюдениями и расчетами, не принимались ими в качестве критериев истинности (подробнее об этом будет сказано ниже).

Но и «математики» далеко не всегда считались с достижениями коллег. Так, Евдокс не принял во внимание обнаруженную задолго до него и заявленную Евктемоном неравномерность движения Солнца, хотя, учась в Афинах, казалось бы имел возможность познакомиться с его результатами.

Аналогично Платон, создавая свою систему геометрической гармонии сфер не согласился с выводами Евдокса. Речь идет об отношении расстояний до Солнца и Луны. В «Псаммите» Архимед сообщает, что Евдокс считал это отношение равным 9 [Архимед, 1962, с.359]. Нетрудно вычислить, каким его принимал Платон, у которого диаметры орбит небесных тел составляли ряд – 1,2,3,4,9,8,27. Согласно изложенной выше реконструкции с отсчетом сфер от периферии к центру, внешний радиус сферы Луны составлял 27 частей, а Солнца $27+8=35$, и искомое отношение было равно $35/27=1,296$. Если же принять традиционный отсчет сфер от центра, то радиус лунной сферы окажется равным 1, а солнечной $1+2=3$. В этом случае отношение возрастет до 3, но все равно далеко не достигнет 9.

Тем не менее планетная гипотеза повидимому стала важным стимулом для развития наблюдательной астрономии. Сколько-нибудь точные наблюдения движений светил требуют применения астрономических инструментов. Описания нескольких таких устройств, приведены в Альмагесте Птолемеем. О возможном пути развития античных наблюдательных средств можно отчасти судить по сохранившимся данным о результатах древних астрономических наблюдений.

Наиболее ранними инструментальными наблюдениями в Греции были наблюдения Солнца, связанные с ведением календаря. Клавдий Птолемей, упомянул о наблюдении афинянином Метоном вместе с другим астрономом, Евктемоном, летнего солнцестояния –431 г. [Птолемей, 1988; с.81; Alm. III,1]. К этому времени, возможно, относятся данные Евктемона о длинах астрономических сезонов. Они сохранились в литературном памятнике II в. до н.э, известным под названием «папирус Евдокса» [Tappey, 1893; P.283 – 294]. Название папирус получил по акростиху, первые буквы строк которого дают имя ученого. Папирус содержит беспорядочное собрание сведений записанных неким Лептином, возможно во время учебы. Среди прочего Лептин приводит длины сезонов по Евктемону, Евдоксу и Каллипу.

Согласно источнику, Евктемон считал длины сезонов, начиная с летнего солнцестояния, следующими (в скобках даны их длительности вычисленные для той эпохи и величины расхождений):

лето	– 90 дней	(92,2; ошибка –2,2 дня)
осень	– 90 дней	(88,6; ошибка +1,4 дня)
зима	– 92 дня	(90,4; ошибка +1,6 дня)
весна	– 93 дня	(94,1; ошибка –1,1 дня)

[Рожанский, 1988; с.223]

Казалось бы эти данные говорят о малой точности наблюдений древнего астронома – ошибки достигают полутора-двух дней. Но это не совсем

так. Рассмотрим насколько точно астроном определил промежутки времени между солнцестояниями. Это нетрудно узнать, сложив длины сезонов, разделенных солнцестояниями:

По Евктемону: лето – 90 дней + осень – 90 дней = 180

Вычисленные: лето – 92,2 дня + осень – 88,6 дня = 180,8
ошибка –0,8 дня

По Евктемону: зима – 92 дня + весна – 93 дня = 185

Вычисленные: зима – 90,4 дня + весна – 94,1 дня = 184,5
ошибка +0,5 дня

Видно, что интервалы между солнцестояниями определены Евктемоном значительно точнее. Видимо астроном измерил их, а для получения равноденствий поделил полученные результаты пополам, добавив к весне дополнительный день, чтобы в сумме получилось 365 (длина года округлялась до целых суток).

Как следует из папируса, Евдокс, живший на полстолетия позже, считал все сезоны равными 91 дню, за исключением осени, к которой добавлялся день. То, есть и здесь имело место округление результатов до целых суток.

Вряд ли стоит считать Евктемона первооткрывателем неравномерности движения Солнца. Определение моментов солнцестояний велось на обсерваториях типа Стоунхенджа еще в энеолите путем наблюдения на горизонте точек восхода и захода светила. Для той же цели мог применяться гномон снабженный линейкой для измерения длины полуденной тени (так называемый «гелиотроп»). В области солнцестояний длина тени симметрично меняется относительно крайних точек, и сравнивая данные о ее длине в течение ряда дней до и после события, нетрудно найти по ним среднюю дату.

Более важным кажется восходящие к тому же V в. до н.э сведения об измерении наклона эклиптики Энопидом Хиосским. Близкая к действительной ее величина в 1/15 долю окружности (24°) известна из более поздних упоминаний, но не исключено, что она принадлежит Энопиду [Рожанский, 1988; с.223]. Это уже шаг от «горизонтной астрономии» к астрономии «открытого неба». Здесь можно подозревать использование стенового квадранта, который Птолемей рекомендует «для определения дуги, заключенной между солнцеворотами». Согласно Птолемею инструмент представлял собой гладкую «стену» направленную по меридиану, в верхнем углу которой помещался выступающий стержень. Он являлся центром шкалы, по которой отмечалось положение тени стержня (рис.19). [Птолемей, 1998; с.26 – 27; Alm. I,13].

Этот инструмент мог использоваться также для определения моментов солнцестояний и равноденствий, во время которых тень должна была совпасть с биссектрисой угла между тенями стержня в дни солнцестояний, но, факт непризнания Евдоксом наблюдений Евктемона показывает, что в то время стеной квадрант не получил широкого применения.

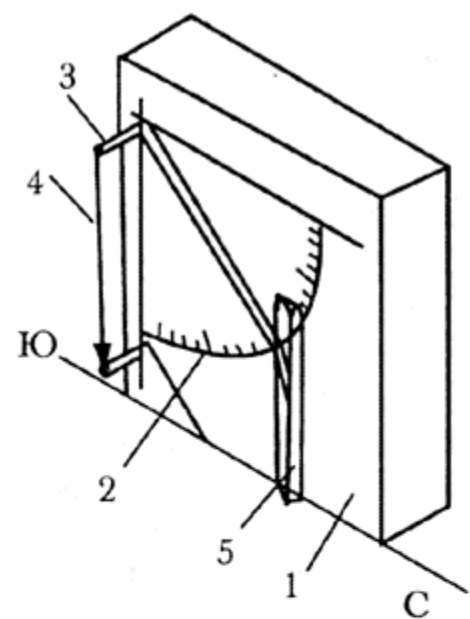


Рис.19. Стенной квадрант (по Птолемею). Обозначения: 1 – вертикальная плоскость, установленная по меридиану, 2 – шкала, 3 – стержень, 4 – отвес, 5 – приставная планка для удобства наблюдения тени

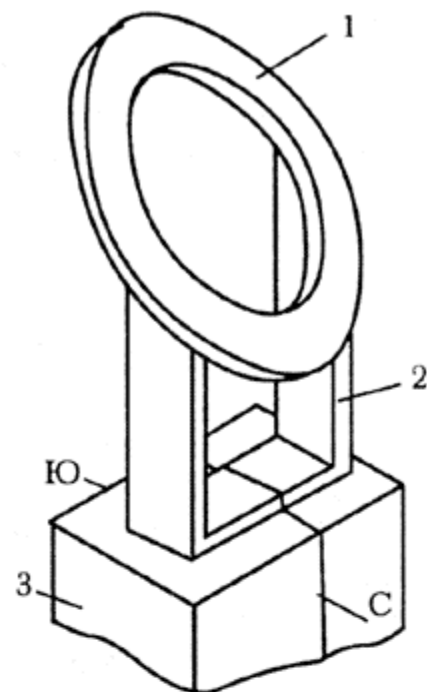


Рис.20. Равноденственное кольцо (по Птолемею). В реконструкции утлена возможность визирования звезд вдоль плоскости инструмента для его установки. Обозначения: 1 – кольцо, 2 – стойка, 3 – основание

Однако, Каллипп, который работал на несколько десятилетий позже Евдокса, уже умел довольно точно наблюдать моменты равноденствий. Его определения длин сезонов говорят о прогрессе средств наблюдения (в скобках даны расхождения с вычисленными для той эпохи):

лето	– 92 дня	(92,2; ошибка –0,2 дня)
осень	– 89 дней	(88,6; ошибка +0,4 дня)
зима	– 90 дней	(90,4; ошибка –0,4 дня)
весна	– 94 дня	(94,1; ошибка –0,1 дня)

[Рожанский, 1988; с.223]

Налицо заметный скачок в точности наблюдений равноденствий. Ясно, что между эпохами Евдокса и Каллиппа, то есть в середине IV в. до н.э. греческие астрономы начали пользоваться инструментами для определения моментов равноденствий, возможно, стенным квадрантом, но не исключено, что уже тогда появилось равноденственное кольцо.

Этот гениально простой инструмент представлял собой металлическое кольцо с параллельными торцами, установленное в плоскости небесного экватора (рис.20). Зимой Солнце, находясь ниже экватора, освещает только нижнюю часть кольца, летом – только верхнюю. Зато в моменты равноденствий на короткое время освещаются обе торцевые плоскости прибора. [Птолемей, 1998; с.77; Alm. III,1]. Решающее значение для

успешного применения кольца имела его правильная установка, которая очевидно проводилась по звездам – требовалось закрепить кольцо так, чтобы при визировании звезд по его плоскости, они в течение ночи двигались бы точно вдоль его края. Таким образом «кольцо» являлось материализованной моделью небесного экватора и в принципе могло служить базой для отсчета склонений светил.

Возможно, именно равноденственное кольцо стало основой полноценного инструмента для определения координат светил, который позже назвали экваториальной армиллярной сферой. Основой этого инструмента были крестообразно расположенные кольца, служившие моделью небесных координат. Пробразом элемента, отображавшего небесный экватор, могло стать равноденственное кольцо, второго кольца – полуденный (меридианный) круг (рис.21).

Полуденный круг описан Птолемеем в «Альмагесте» наряду с квадрантом как инструмент для определения моментов солнцестояний, но возможности прибора значительно шире, а конструкция делает его универсальным средством для измерения углов. Это отградуированное кольцо, в котором помещено другое, поворотное с двумя выступающими призмочками, расположенными друг против друга. Внутреннее кольцо поворачивают так, чтобы тень одной призмочки легла на другую, и в этом положении производят отсчет полуденной высоты Солнца. Но таким прибором можно определять и склонения кульминирующих звезд, визируя их вдоль призмочек. В описании «астролябии» (эклиптической армиллярной сферы) Птолемей упоминает этот прибор как часть ее конструкции. [Птолемей, 1998; с.26,135; Alm. I,12; V,1].

Полуденный круг устанавливался в плоскости меридиана, так что через него проходила ось мира. Сделав его поворотным вокруг нее, получим «круг склонений», с помощью которого можно определять склонение светила в любой части неба. Однако для измерения прямых восхождений нужно знать угол поворота круга склонений относительно каких-то небесных ориентиров. Для этого достаточно погрузить круг склонений до половины в отградуированное «равноденственное кольцо», которое превратится в «экваториальное». Понятно, что его шкала должна быть связанной с внешним ориентиром, то есть поворотной. Поэтому экваториальное кольцо

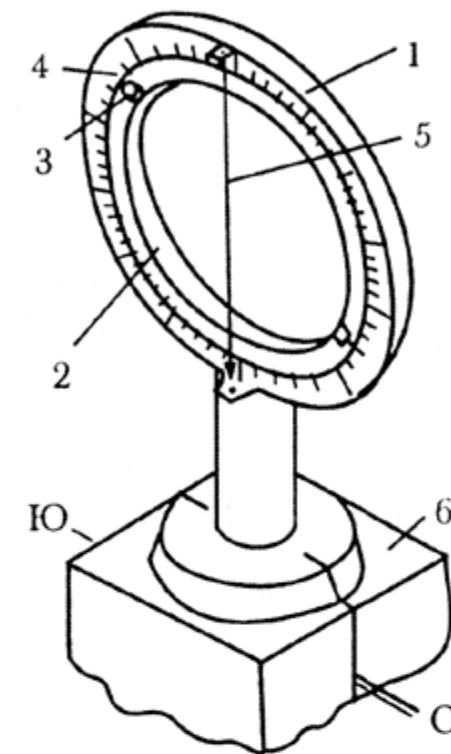


Рис.21. Полуденный круг (по Птолемею). Обозначения: 1 – вертикальное кольцо, установленное по меридиану, 2 – внутреннее поворотное кольцо, 3 – призмы, фиксирующие положение тени, 4 – шкала, 5 – отвес, 6 – основание

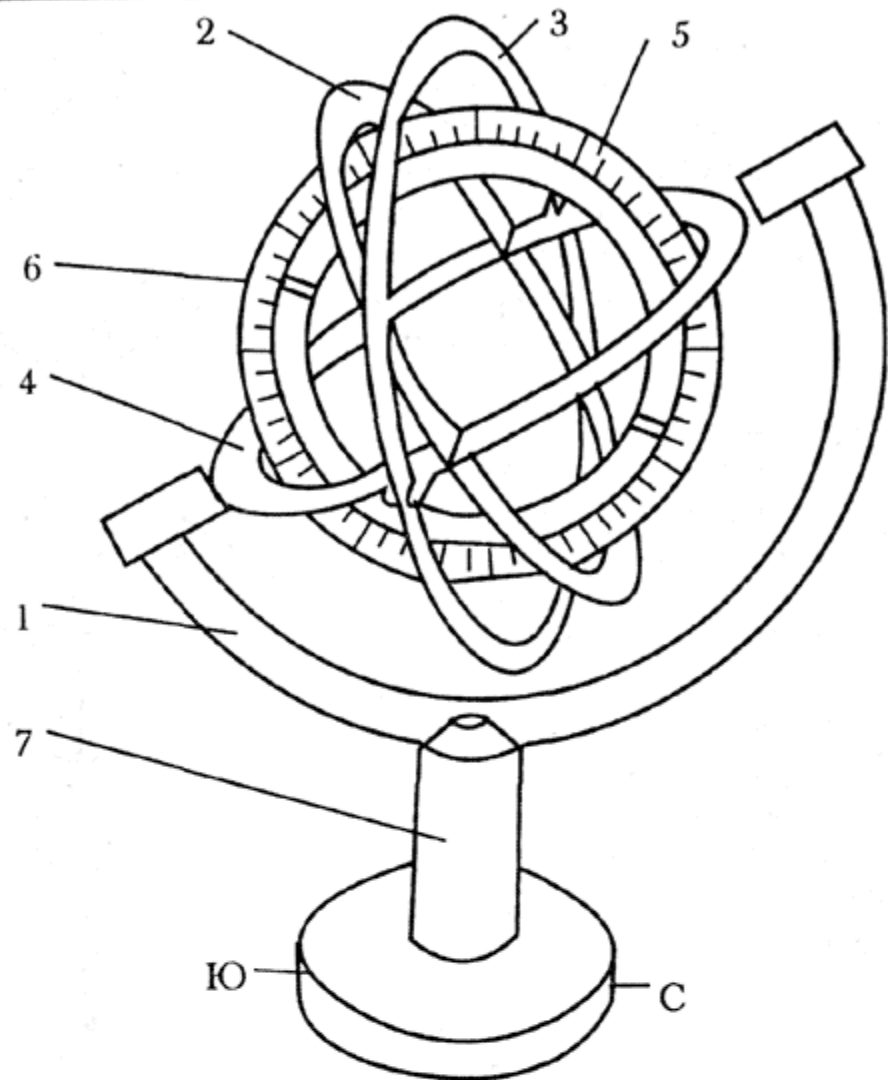


Рис.22. Схема экваториальной армиллярной сферы с инструментальной эклипстикой (предположительная реконструкция инструмента Гиппарха для определения координат звезд). Обозначения: 1 – стойка, фиксирующая ось мира, 2 – экваториальное кольцо со шкалой отсчета прямых восхождений, 3 – инструментальная эклиптика со шкалой отсчета дуг эклиптики от пересечения с ней круга склонений до точки равноденствия, 4 – опорное кольцо для установки начала отсчета шкал колец 2 и 3 по выбранной звезде, 5 – круг склонений по устройству аналогичный полуденному (рис.21), 6 – элементы для визирования звезды, 7 – основание

потребуется жестко соединить с неким перпендикулярным кольцом для размещения полуосей, направленных на полюс мира (общих с кругом склонений). Это «опорное кольцо» должно служить и для установки экваториальной шкалы по звезде, выбранной в качестве начала отсчета прямых восхождений (рис.22). О появлении подобного инструмента в начале III в. до н.э. можно судить по упоминанию Птолемея о работах александрийских астрономов этого времени.

Возможно такой была логика создателей экваториальной армиллярной сферы. Не исключено и обратное – равноденственное кольцо могло родиться в виде вынесенной наружу и жестко закрепленной части армиллярной сферы. То, что первые инструменты для измерения положений звезд были предназначены для определения экваториальных координат

подтверждается ссылками Птолемея именно на величины склонений звезд, наблюдавшихся александрийскими астрономами. Кроме того до открытия прецессии и расцвета астрологии не было особого смысла пользоваться эклиптическими координатами.

Астрономы Александрии

После смерти Александра Македонского в 323 г. до н.э. Афины возглавили антимакедонское восстание Греции. Аристотель, бывший учителем Александра, был вынужден покинуть Ликей и вскоре умер. После двух десятилетий жестоких междоусобных войн в восточном Средиземноморье сформировались несколько крупных монархий, наиболее благополучной из которых стал Египет, возглавлявшийся бывшим полководцем Александра Птолемеем I Сотером (ок. 367 – 283 до н.э.). В начале III в. до н.э. он основал в Александрии знаменитые государственные научные учреждения – Мусейон и Александрийскую библиотеку, которые много столетий оставались важнейшим научным центром.

«Отцами» Мусейона стали выходцы из Аристотелевского Ликейя Деметрий Фалерский и Стратон Лампсакский, прозванный «физиком». Кроме гуманитарных наук в Мусейоне процветала математика; там работали учитель Архимеда Конон Самосский, другой самосец Аристарх, возможно, Евклид.

Сохранились сведения и о трех александрийских астрономах первой половины III в. до н.э. Это Тимохарис, Аристилл и упоминавшийся Аристарх Самосский (ок. 310 – 250 до н.э.). О первых двух почти ничего неизвестно. Клавдий Птолемей привел величины склонений 18 звезд, которые наблюдали Тимохарис и Аристилл. Неизвестно, координаты скольких звезд определили астрономы, но вряд ли многих. Птолемей пишет, что до времени Гиппарха: «было произведено лишь очень незначительное число наблюдений неподвижных звезд, пожалуй даже одни только записанные Аристиллом и Тимохарисом». [Птолемей, 1998; с.217 – 218; Alm., VII, III]. Он также сообщает о наблюдении Тимохарисом покрытий звезд Луной.

В приводимых Птолемеем величинах склонений упоминаются шестые доли градуса. Возможно, это фиктивная точность, связанная с переводом в градусы неизвестных нам угловых мер, которыми пользовались астрономы, но ясно, что данные их наблюдений получены с помощью сравнительно точного инструмента, скорее всего экваториальной армиллярной сферы. Рассмотрим задачи, решением которых вероятно занимались александрийские астрономы. Косвенные сведения об этом дает анализ координат звезд, наблюдавшихся Тимохарисом.

Звезды Тимохариса

Доказывая свою теорию прецессии, Птолемей привел величины склонений 18 звезд, из которых 12 наблюдал Тимохарис, а 6 Аристилл. В 1984 г. Я.Маэяма исследовал эти данные с целью датировки и показал, что Тимохарис наблюдал в –290 г. плюс-минус 10 лет, а Аристилл тридцатью годами позже, в –260 г. плюс-минус 5 лет [Птолемей, 1998; с.571; Maeyama, 1984].

Рассмотрим звезды, наблюдавшиеся Тимохарисом с точки зрения критериев, по которым они выбирались. Большинство из них – яркие звезды, близкие к экватору или эклиптике. С небесным экватором, при учете положения полюса мира в ту эпоху, связаны следующие звезды (цифры приблизительные):

Звезды, связанные с небесным экватором:

- 1) Альтаир (α Орла) – на 3° севернее экватора;
- 2) Беллатрикс (γ Ориона) – на экваторе;
- 3) Бедельгейзе (α Ориона) – на 2° севернее экватора;
- 4) α Весов – на 3° севернее экватора.

Звезды, связанные с эклиптикой:

- 5,6) Альдебаран (α Тельца) и Альциона (η Тельца, «средняя Плеяд») – расположены почти симметрично по отношению к эклиптике: Альдебаран на 5° южнее, Альциона на 4° севернее;
- 7) Регул (α Льва) – на эклиптике;
- 8) β Весов – на эклиптике;
- 9) Антарес (α Скорпиона) – 4° южнее эклиптики;
- 10) Спика (α Девы) – 2° южнее эклиптики. Гиппарх упоминает, что для нее было определено и расстояние до точки осеннего равноденствия [Птолемей, 1998, с.215; Alm., VII, 2].

Оставшиеся две звезды – это Сириус (α Большого Пса) и Арктур (α Волопаса).

Такое расположение выбранных звезд вряд ли является случайным. Светила близкие к экватору могли служить для правильной установки инструмента относительно оси мира и контроля за его положением. Знание их точных координат позволяло при установке координатного кольца вносить нужные поправки. Звезды, тяготеющие к эклиптике могли быть ориентирами при измерении координат планет и Луны.

Птолемей сообщает о наблюдении Тимохарисом четырех покрытий звезд Луной. Два из них сделаны в -294 и -293 годах, два других в -282 г. Эти даты согласуются с установленным Я.Маэямой временем наблюдения Тимохарисом звездных координат. При этом в двух случаях наблюдались покрытия Луной Спики (звезды с определенными координатами) в двух других – звезд близких к наблюдавшимся: указанная в источнике «восточная часть Плеяд» близка к Альционе, а β Скорпиона расположена недалеко от Антареса. [Птолемей, 1998; с.220 – 222; Alm., VII, 3].

Сириус и Арктур, как кажется, могли использоваться в качестве отправных точек для отсчета прямых восхождений в разные сезоны. Можно думать, что такой небесной вехой традиционно считался Сириус. Во всяком случае Птолемей для разметки небесного глобуса рекомендует отсчитывать долготы звезд именно от Сириуса. Похоже, что это указание есть дань старой традиции; позже в «Подручных таблицах» астроном считал более удобным отсчитывать их от лежащего на эклиптике Регула [Птолемей, 1998, с.268, 583; Alm., VIII, 3].

Выявленный интерес Тимохариса к области эклиптики, позволяет предполагать, что он занимался и проблемой определения траекторий планет, поставленной Евдоксом и Каллиппом. При этом должно было выясниться, что пути, которые описывают среди звезд верхние планеты, представляют собой простые, а не двойные или более сложные «петли» (искаженные гиппопеды). Таким образом вопрос мироустройства был решен не в пользу «гомоцентрических сфер».

До нас не дошли сколько-нибудь подробные сведения об этих наблюдениях и о реакции математиков и астрономов того времени на факты, опровергавшие гипотезу Евдокса-Каллиппа. Однако можно заметить, что именно в эту эпоху появляются примеры поисков альтернативных схем мироустройства. Известно о трех таких попытках, сделанных Аристархом Самосским, Аполлонием Пергским и Архимедом из Сиракуз. По всей вероятности именно результаты наблюдений стали главной причиной для разрыва ученых с орфико-платоновским мифом.

Глава 8 НОВЫЕ ГИПОТЕЗЫ

Коперник античного мира

Возможно первой научно обоснованной альтернативной Аристотелевской модели мира, стала гелиоцентрическая система, предложенная Аристархом Самосским. Правда, гипотезу Аристарха не приняли ни современники ни близкие потомки.

Аристарх известен как астроном-математик, автор двух пионерских астрономических работ – он первым определил расстояния до Луны и Солнца и предложил гелиоцентрическую систему мира. Но Аристарх не был чистым теоретиком – Птолемей ссылается на его наблюдение солнцестояния –279 г., (возможно, единственное известное автору Альмагеста между наблюдением Метона в –431 г. и серией наблюдений Гиппарха, начавшейся в –145 г.).

Работа Аристарха «О величинах и расстояниях Солнца и Луны», дошла до нас полностью. Она имела продолжателей – определением космических расстояний занимались вслед за Аристархом его младшие современники Архимед и Эратосфен, позже Клавдий Птолемей. И.Н.Веселовский, посвятил Аристарху большую статью «Аристарх Самосский – Коперник античного мира», в которой привел полный перевод этого сочинения [Веселовский, 1961].

Гелиоцентрическая гипотеза, которую ученый высказал в утерянной книге «Предположения», напротив, не была воспринята, хотя вероятно получила в его время широкую известность. О ней сохранилось всего три прямых упоминания, но они показывают, что эту гипотезу знали в Афинах и Сиракузах. Значение этих фрагментов для истории астрономии чрезвычайно велико. Два первых принадлежат знаменитому греческому писателю Плутарху (ок.46-после 119). Они содержатся в сочинениях «О лике на Луне» и «Платоновские вопросы». Наконец, на гелиоцентрическую гипотезу Аристарха сослался в «Псаммите» младший современник астронома сиракузец Архимед.

Рассмотрим эти сообщения. Первое порождено реакцией стоиков. Современник Аристарха философ Клеанф, возглавивший стоическую школу после смерти ее основателя Зенона Китийского, подверг построения астронома резкой критике в не дошедшей до нас книге «Против Аристарха» [Диоген Лаэртский, 1979, с.322, VII, 174]. О мнении Клеанфа Плутарх отозвался кратко, но весьма информативно. Он пишет:

«Только, мой дорогой, не начни против меня процесса вроде Клеанфа, по мнению которого долгом всех греков было предъявить Аристарху Самосскому обвинение в безбожии за то, что он сдвинул с места Очаг Вселенной;

он сделал это в попытках «сохранить явления», предположив, что небо неподвижно, а Земля обращается по косому кругу (эклиптике), вращаясь одновременно вокруг оси»

[Веселовский, 1961, с.64].

Здесь Плутарх определенно говорит о двойном движении Земли – вращении вокруг собственной оси и орбитальном движении вдоль эклиптики. Кроме того писатель упоминает, о том, что гипотеза Аристарха была обоснована наблюдениями (именно это означают слова «сохранить явления»). Из сообщения Плутарха кроме того видно резко негативное отношение Клеанфа к Аристарху, а упоминание «Очага Вселенной» демонстрирует близость астрономических представлений ранних стоиков к пифагорейским. В «Платоновских вопросах» писатель сообщает:

«...разве необходимо считать, что Земля, которая «скатана вокруг оси, простирающейся от одного полюса к другому через всю вселенную», не будет удерживаться на месте в покое, но должна вращаться и обращаться вокруг Солнца, как впоследствии утверждали Аристарх и Селевк, причем первый выставил это лишь как математическую гипотезу, а второй высказал как определенное физическое мнение»

[Веселовский, 1961, с.62].

Упомянутый здесь Селевк Вавилонский, географ II в. до н.э. пытался объяснить морские приливы и штормы воздействием Луны на воздушный вихрь, создаваемый вращением Земли, и его «физическое мнение», видимо не имеет отношения к гелиоцентризму. Зато из этого сообщения Плутарха мы узнаем, что Земля у Аристарха определенно обращалась вокруг Солнца, а его «Предположения» представляли собой математически разработанную гипотезу.

Сообщение Архимеда подтверждает сведения, сохраненные Плутархом, и кроме того содержит ряд важных деталей. Ученый упомянул систему мира Аристарха в «Псаммите» при вычислении наибольшего мыслимого размера Вселенной. В отрывке, начало которого, связанное с системой Евдокса, цитировалось в предыдущей главе, ученый, сообщает:

«Аристарх Самосский в своих «Предположениях», написанных им против астрономов, ... приходит к заключению, что мир гораздо больших размеров, чем только что указано. Он полагает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего положения в пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося в центре, и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца, а размер этой сферы таков, что окружность, описываемая по его предположению Землей, находится к расстоянию неподвижных звезд, в таком же отношении, в котором центр шара относится к его поверхности»

[Архимед, 1962, с.358].

Последняя фраза отрывка скорее всего является прямой цитатой из сочинения Аристарха. Архимед толкует ее в соответствии со своей задачей – определить число песчинок, которые смогли бы заполнить Вселенную и не

вникает в ее суть. Аристарх же, повидимому, имел в виду отношение радиуса сферы звезд к ничтожно-малой величине, то есть деление на ноль, в результате которого получается бесконечность. Признание огромной удаленности неба звезд было нужно Аристарху для объяснения отсутствия заметного годичного параллакса неподвижных звезд. Возможно, именно это отчаянно смелое предположение могло на первых порах вызвать недоверие к его гипотезе. Впрочем, четыре столетия спустя Птолемей также провозгласил бесконечную удаленность звезд, хотя в его системе речь шла о сравнении небесной сферы не с размером Земной орбиты, а с величиной самой Земли. При этом он, возможно, воспользовался терминологией Аристарха – глава 6 первой книги «Альмагеста» называется: «О том, что по сравнению с небесами Земля является точкой» [Птолемей, 1998, с.11; Alm, I, 4].

В сообщении Архимеда есть важные замечания о том, «что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося в центре, и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца». Оно указывает на принятие Аристархом концентричных Солнцу круговых орбит.

Кроме прямых, есть косвенные упоминания о существовании гелиоцентрической системы, в которых Аристарх не называется. Одно сообщение, которое можно истолковать как отголосок гипотезы Аристарха принадлежит римскому архитектору I в. до н.э. Витрувию. В 1-й главе VIII книги сочинения «Об архитектуре» он пишет:

«6. От своих учителей я слышал, что... звезды Меркурий и Венера, описывая своими путями венцы около Солнца, как вокруг центра, совершают попятные движения и задерживаются...

14. А Юпитер, двигаясь между круговой орбитой Марса и Сатурна, совершает больший пробег, чем Марс и меньший, чем Сатурн. Так и все остальные звезды: чем на большее расстояние отстоят они от края неба и чем ближе они к круговой орбите Земли, тем, повидимому, они быстрее движутся, потому что каждая из них, совершая путь по меньшей окружности, чаще проходит под звездой движущейся над ней»

[Витрувий, 1936, с.246; IX, 1, 6].

Здесь определенно говорится об обращении вокруг Солнца нижних планет. На гелиоцентризм указывает и упоминание «круговой орбиты Земли».

Правда в следующем же абзаце, разъясняя свою мысль, Витрувий определенно пишет о геоцентрической системе мира. Но труд «Об архитектуре» носит компилятивный характер, и, видимо, Витрувий не всегда вдумывался в то, что переписывал из своих источников. Начало цитаты свидетельствует о том, что во времена Витрувия мнение об обращении Меркурия и Венеры вокруг Солнца было широко распространено; на это указывают слова архитектора о том, что он узнал эту гипотезу «от своих учителей».

Последний намек на знание гелиоцентрической гипотезы есть в Альмагесте Клавдия Птолемея. В 3-й главе IX книги он сообщает (курсив авторский):

«Следует иметь в виду, что вообще движение [планеты] по долготе определяется перемещением центра эпицикла по эксцентрическому кругу (деференту), а по аномалии – перемещением светила по эпициклу.

Итак мы находим, что 57 аномалистических (синодических) периодов Сатурна распределяются на 59 наших солнечных годов, а именно начинающихся и кончающихся у тех же самых тропических или равноденственных точек... указанное время охватывает 2 полных (сидерических) обращения светила [по долготе]... Действительно для трех светил... в течение каждого возвращения Солнце делает всегда столько полных оборотов, сколько составляют вместе взятые числа обращения светила по долготе и возвращений аномалий. Для Юпитера мы находим, что 65 аномалистических периодов распределяются на 71 солнечный год,... или на 6 оборотов светила от одной тропической точки к той же самой... Затем 37 аномалистических периодов Марса мы находим распределенными на 79 наших солнечных годов,... или 42 оборота светила»

[Птолемей, 1998, с.280; Alm, IX, 3].

То есть Сатурн за 59 солнечных лет совершает 57 синодических обращений и 2 сидерических ($57+2=59$); Юпитер за 71 год совершает 65 синодических обращений и 6 сидерических ($65+6=71$), а Марс за 79 лет совершает 37 синодических обращений и 42 сидерических ($37+42=79$).

Птолемей не дает объяснения этой закономерности, которая, как отмечает И.Н.Веселовский, следует из кинематики гелиоцентрической системы. Он пишет:

«...мы легко получим его, если станем на гелиоцентрическую точку зрения. Число оборотов Земли вокруг Солнца дает угловую скорость Земли вокруг Солнца, число сидерических оборотов [планеты] за то же время равно угловой скорости тоже вокруг Солнца, а число аномалистических возвращений позволяет измерить угловую скорость по отношению к Земле, которую мы считаем неподвижной. Если через ω_3 и $\omega_{пл}$ мы обозначим угловые скорости Земли и планеты вокруг Солнца, а $\omega_{пл-з}$ будет представлять абсолютную величину угловой скорости планеты по отношению к Земле, то на основании теоремы о сложении вращений вокруг параллельных осей мы будем иметь

$$\omega_{пл} - \omega_3 = \omega_{пл-з}$$

Так как $\omega_3 > \omega_{пл}$, то правая часть будет отрицательна; перенося ее налево, мы будем иметь

$$\omega_{пл} + \omega_{пл-з} = \omega_3,$$

а это и есть доказательство соотношения Птолемея»

[Веселовский, 1961, с.63].

Действительно, если уйти от целочисленных отношений, приведенных Птолемеем, и поделить обе части уравнений на число сидерических обращений, разность времен сидерических и синодических обращений будет для всех случаев равна единице.

Приведенные И.Н.Веселовским доводы, говорят в пользу того, что Птолемей знал подробно разработанную гелиоцентрическую гипотезу,

скорее всего имел книгу Аристарха, поскольку при общем отрицательном отношении к «Предположениям», вряд ли у астронома были серьезные последователи, тем более, что его более молодые современники Аполлоний и Архимед либо просто не приняли идей астронома, либо постарались приспособить их к традиционным (Аристотелевским) представлениям о мире.

«Предположения»

Во времени Аристарха идея двойного – орбитального и осевого – движения Земли уже была известна. Как говорилось, о ней, критикуя пифагорейцев, упомянул Аристотель. Желая показать нелепость построений Филолая, он тем не менее дал классическое определение сущности новой гипотезы, назвав Землю «одной из звезд» (планет), которая «движется по кругу вокруг центра» [DK44, 16b].

Намеки на мысль об обращении вокруг Солнца Меркурия и Венеры находят у афинского философа Гераклида Понтийского, современника Аристотеля, прославившегося остроумием и парадоксализмом. Такие представления могли опираться на наблюдения нижних планет, которые никогда не отходят от Солнца дальше определенных расстояний (Меркурий не выходит за рамки 28° , Венера – 46°). Против теории гомоцентрических сфер говорил и другой наблюдавшийся факт, – увеличение блеска Марса в области противостояний, которое показывало, что расстояние от Земли до планеты не остается постоянным, и позволяло думать, что он также обращается вокруг Солнца.

Но все это были «мнения», а не разработанные гипотезы. Для того, чтобы шагнуть от суточного обращения Земли в плоскости небесного экватора вокруг фантастического «Огня», к ее годичному обращению вокруг Солнца в плоскости эклиптики вместе с другими планетами, требовались серьезные доводы.

Очевидно, как считает большинство ученых, важную роль в этом сыграло определение Аристархом размеров Солнца. В упоминавшейся работе «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» Аристарх впервые в истории определил на основе наблюдений размеры космических расстояний и тел (единицей измерения был размер земного шара). Исходными данными для него служили: а) видимый угол между Луной в фазе четверти и Солнцем, который он определил в «четверть окружности без тридцатой части этой четверти» (87°), б) размер земной тени во время лунного затмения, принятый вдвое больше лунного диска, и в) «Луна стягивает пятнадцатую часть знака зодиака» (то есть ее видимый диаметр равен 2°). Принятые данные сильно расходятся с действительными, но нас интересуют методика работы и результаты, которые получил астроном.

Первый этап, состоял в определении отношения расстояний до Луны и Солнца. Когда Луна находится в фазе четверти («кажется нам разделенной пополам»), угол между наблюдателем, Луной и Солнцем является

прямым; таким образом задача сводится к определению отношений гипотенузы (расстояния до Солнца) и катета (расстояния до Луны) в треугольнике с известным углом. Упоминалось, что это отношение до Аристарха определял Евдокс, и возможно, здесь Аристарх воспользовался его методом, но если Евдокс получил в результате 9, то Аристарх около 19 (кстати наибольшую из античных оценок этой величины). Далее, применив полученное отношение, Аристарх провел анализ картины лунного затмения и нашел искомые результаты. В итоге получилось, что диаметр Солнца лежит округленно в пределах от 7,1 до 6,3 диаметров Земли (в среднем 6,7).

Конечно, такой результат был неожиданным; традиционно Земля считалась намного превосходящей по размеру небесные тела. Анаксагор, например, считал Солнце раскаленной глыбой размером «больше Пелопоннеса». Но этого мало. Как говорилось, астроном в качестве исходной посылки принял угловой поперечник Солнца равным 2° ; однако Архимед в «Псаммите» сообщает, что согласно Аристарху: «...видимый размер Солнца составляет одну семьсот двадцатую часть его орбиты, называемой зодиаком», то есть близкую к действительной величину в $0,5^\circ$ [Архимед, 1962, с.358]. Это расхождение данных показывает, что работа «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» была написана Аристархом в ранний период деятельности, когда измерения видимого поперечника Солнца еще не проводились, и он воспользовался общепринятыми данными. Архимед же ссылается на более поздние результаты наблюдений астронома или его коллег.

Следовательно, позже, при разработке гелиоцентрической гипотезы Аристарх знал, что полученный им предварительный диаметр Солнца за нижен по крайней мере в четыре раза, и оно больше Земли примерно в 27 раз. Это говорило в пользу центрального, главенствующего, положения Солнца.

Что могло послужить для астронома поводом к поискам альтернативной системы мира? Скорее всего результаты наблюдений траекторий верхних планет – то новое в астрономии, что произошло в его эпоху. Открытия наблюдателей – Тимохариса, а может быть и самого Аристарха, показавшие, что светила во время стояний описывают не предсказанные Евдоксом «типопеды», а «петли». Наконец, оставались в силе привязанность Меркурия и Венеры к Солнцу и увеличение яркости Марса вблизи противостояний, блеск которого может меняться на 3^m .

Новая гипотеза прежде всего позволила отказаться от системы мира Аристотеля с его жесткими многослойными сферами. И хотя Аристарх был учеником перипатетика Стратона, ему, видимо, пришлось возвращаться к пифагорейским представлениям о самостоятельных небесных телах, не связанных со сферами.

Насколько подробно была разработана Аристархом новая система мира? Сохранившиеся сведения позволяют думать, что Аристарх предложил хорошо аргументированную полноценную теорию, а не ограничил

высказыванием голой идеи. Об этом свидетельствуют и способ изложения (книга) и ее название, в котором говорится о нескольких «предположениях», и наличие в ней утверждения об огромной удаленности звезд. Упоминание Плутарха о том, что Аристарху удалось «спасти явления» показывают, что он сумел в рамках своей гипотезы объяснить видимые движения светил, об этом же говорят приведенные Птолемеем соотношения между периодами обращений планет. Об авторитетности Аристарха, его смелости и математическом таланте можно судить по ссылкам на него Архимеда и сочинению «О величинах и расстояниях Солнца и Луны».

Может быть наблюдения, опровергнувшие гипотезу Евдокса-Каллиппа, и другие, которые показали, что Солнце в четыре раза больше, чем Аристарх определил прежде, толкнули астронома к дерзновенной мысли – если Меркурий, Венера и Марс обращаются вокруг Солнца, а Солнце в 30 раз больше Земли, почему бы его не считать «Очагом Вселенной», а Землю «одной из обращающихся звезд»?

Дальше требовалось разобраться с видимыми движениями светил. Здесь можно было использовать примененную Евдоксом идею разложения вращений и принцип относительности движения. Признав осевое вращение Земли, удавалось сразу упразднить все первые сферы Евдокса. Дальше, чтобы остановить Солнце, следовало дать Земле орбитальное движение вдоль зодиака, при этом у Солнца исчезала и вторая сфера.

Но вторые по счету сферы, отвечавшие за движение вдоль зодиака, у каждой из планет вращались с собственной скоростью, поэтому для простоты рассуждений можно было на время остановить их и даже расположить светила на одной прямой, устроив своеобразный воображаемый «парад планет». Тогда с точки зрения наблюдателя, находящегося на подвижной Земле верхние планеты в противостоянии (когда Земля находится между ними и Солнцем) окажутся около какой-то определенной точки зодиака. Если же Земля, двигаясь по своей орбите, переместится, например, влево, планеты сместятся относительно этой точки вправо, но на разную величину. Марс, находящийся ближе, уйдет дальше, чем Юпитер, а Сатурн сдвинется еще меньше. Обращение Земли заставит светила двигаться взад-вперед вокруг центральной точки, правда без отклонений по широте.

Картина изменится, если планеты поместить немного выше или ниже плоскости орбиты Земли. Тогда они опишут не Евдоксовские «гиппопеды», а петли! И если вернуть планетам собственные движения вдоль зодиака, то их «петлеобразное» (синодическое) движение сложится с сидерическим. Конечно потребуются признать, что планетные орбиты несколько наклонены к плоскости орбиты Земли (впрочем, был хорошо известен факт наклона орбиты Луны). Тогда «петли» получают возможность превращаться в зигзаги и пересекать эклиптику, то есть и получится именно та картина, которая наблюдается на небе. Причем без нагромождения гомоцентрических сфер!

Возможно, примерно такой была логика создания гелиоцентрической системы. Система Аристарха, как можно судить по свидетельству

Плутарха, была прежде всего «кинематической схемой». Видимо она не касалась «физических» вопросов, таких, как: что движет светила? как они удерживаются на орбитах? как тяготеющий центр Земли может путешествовать в пространстве? Но все же простая и гармоничная система мира, предложенная Аристархом, должна была казаться привлекательной.

Звезды Аристилла

Можно ли было проверить гелиоцентрическую гипотезу наблюдениями? Конечно. При сравнительно близкой звездной сфере Земля, двигаясь по орбите, приближалась бы к одной ее стороне, а через полгода удалялась бы от нее. Поэтому видимые расстояния между звездами должны были испытывать сезонные изменения. Мы знаем, что это явление (параллакс неподвижных звезд) удалось с великими трудами обнаружить только к середине XIX века. Аристарх не имел шансов его открыть, и первые же грубые наблюдения показали, что этого не происходит. Трудность можно было преодолеть, предположив, что звезды расположены очень далеко, и Аристарху, как позже Копернику, хватило смелости это сделать.

Поэтому почти наверняка создатель первой гелиоцентрической гипотезы должен был попытаться подтвердить свою гипотезу. Уже сам факт признания им радиуса сферы звезд близким к бесконечности свидетельствует о том, что такие наблюдения проводились.

Возникает вопрос, не сохранилось ли данных о наблюдениях звезд с целью обнаружения их параллактических смещений? Птолемей привел данные наблюдений современников Аристарха Тимохариса и Аристилла. Как говорилось, согласно датировке Я.Маэямы, Тимохарис наблюдал в –290 г. плюс-минус 10 лет (во время «расцвета» Аристарха), а Аристилл тридцатью годами позже, в –260 г. плюс-минус 5 лет, когда создатель гелиоцентрической гипотезы был в зрелом возрасте [Птолемей, 1998, с.571; Маэуама, 1984].

Наблюдения Тимохариса были рассмотрены выше; они посвящены определению координат «опорных» звезд, связанных с небесным экватором и эклипстикой. Звезды, наблюдавшиеся Аристиллом, выбраны по другому принципу; они собраны в две группы. Первая включает звезды γ , ζ и ϵ Большой Медведицы (три крайние звезды ее хвоста). Вторая группа – Кастор и Поллукс (β и α Близнецов) и Капелла (α Возничего). Капеллу можно включить в группу, поскольку она лежит приблизительно на одной линии с двумя главными звездами Близнецов, хотя находится в довольно далеко от Кастора.

Звезды Аристилла не связаны с небесными кругами. Не исключено, что наблюдения этих звезд были инициированы Аристархом для определения величины параллакса путем измерения угловых расстояний между ними в разные сезоны. В расположении выбранных троек звезд есть определенный смысл. Группа Большой Медведицы лежит в полярной области неба, а группа Близнецов и Капеллы в средней. Возможно для измерения параллакса использовались и группы звезд, близких к небесному экватору, координаты которых уже были определены Тимохарисом. Такой выбор

позволил бы учесть влияние на параллакс звезд размеров Земли. Если считать небесную сферу соизмеримой с Землей, подобное предположение не представляется абсурдным. Выбор троек звезд, а не пар, можно объяснить стремлением к получению более достоверных результатов: пара звезд позволяет провести только одно измерение расстояний, а тройка – три. Если наблюдения Аристиллы действительно связаны с работой Аристарха над «Предположениями», то с какой-то долей вероятности можно предполагать, что появление первой в истории гелиоцентрической системы мира произошло примерно в это же время.

Несостоявшиеся встречи

Почему же современники и ученые более позднего времени не приняли новую гипотезу? И.Н.Веселовский в работе «Аристарх Самосский – Коперник античного мира» объясняет это двумя причинами. По его мнению, в первую очередь гелиоцентризм должен был столкнуться с уже распространившимися в то время астрологическими представлениями, которые требовали центрального положения человека и Земли во Вселенной. С астрономической же стороны система Аристарха, согласно сообщению Архимеда, предполагала равномерное движение планет вокруг центра Солнца по круговым орбитам и поэтому не могла объяснить важных наблюдаемых явлений. Исследователь пишет:

«Не так уж трудно было вращение Солнца вокруг Земли заменить вращением Земли вокруг Солнца, но нельзя было показать, что это вращение является равномерным. Еще до Евдокса греческие астрономы Метон и Евктемон показали, ... что продолжительность астрономических времен года... не является одинаковой; во времена же Аристарха это стало очевидным и общепризнанным фактом. Это противоречие с наблюдениями и несовместимость обоих основных положений Аристарха сделали его теорию неприемлемой. Через сто лет после Аристарха Гишарх отбросил его первое положение, заставив все планеты обращаться равномерно вокруг нематериальной геометрической точки... центра некоторого эксцентрического по отношению к Земле круга»

[Веселовский, 1961, с.64 – 66].

Это в общем справедливые доводы кажутся все же недостаточными. Астрология в эпоху Аристарха еще не получила широкого распространения, кроме того история показала, что она вполне совместима с гелиоцентризмом. Что касается астрономии, то имеет ли смысл предъявлять новой системе мира требования, которым не удовлетворяли и другие астрономические модели того времени? В принципе Гишарх мог сделать с орбитой Земли то же, что сделал с орбитой Солнца, ведь не побоялся же этого Коперник. Возможно было и признание некоторой неравномерности движения светил. Эта идея не была вовсе чужда античной космологии – о ней упоминает в X книге труда «Об архитектуре» Витрувий [Витрувий, 1936, с.222]. Неравномерность можно было описать и с помощью ведения эквантов, как это с успехом сделал Кеплер для описания движения Земли.

Представляется, что основную роль в неприятии гипотезы Аристарха сыграли более общие соображения.

Судя по достаточно сложному математическому труду Аристарха «О величинах и расстояниях Солнца и Луны», его «Предположения» вполне могли быть работой, доступной лишь узкому кругу математиков (как и книга Николая Коперника «О вращениях небесных сфер»). Но у Коперника нашлись блестящие популяризаторы, объяснившие суть теории простым смертным, и философы, сумевшие оценить ее мировоззренческое значение, – самые известные из них – Ретик, Галилео Галилей и Джордано Бруно. У Аристарха таких сторонников не нашлось.

Античный гелиоцентризм столкнулся не только с принципиальным, подкрепленным мифологической традицией, геоцентризмом, которого держались последователи Платона и стоики, но и с «физическими» вопросами, главным из которых была проблема тяготения. Рассмотрим возможные отношения к гипотезе Аристарха основных философских школ той эпохи.

Философы Платоновской Академии к этому времени вряд ли интересовались новыми астрономическими теориями. Их Вселенная была единственным в мире божественным существом, устроенным наилучшим образом и пронизанным геометрической гармонией. То же отчасти относится к стоикам. Стоическая философия, позже ставшая преобладающей в Римской империи, возникла в Афинах за несколько десятилетий до рождения Аристарха. Немного раньше там же основал свою школу Эпикур. Главное внимание в новых учениях уделялось этике, но философы обосновывали свои этические нормы «физикой», включавшей мнение о мире и месте в нем человека.

О космологических представлениях «ранней стои» сохранилось мало сведений. Можно думать, что стоики представляли мир в виде сферического тела, покоящегося в бесконечной пустоте, живого и одушевленного. Все части космоса, в том числе и люди, участвовали в процессе его саморазвития, подчинявшегося жизни всепроникающего божества «Зевса-логоса» (традиционные боги считались частными «проявлениями» единого). На этом основывалась убежденность стоиков в существовании судьбы и возможности ее предсказания. По их мнению мир развивался циклически, причем в конце цикла он превращался в «огонь». Затем Зевс-логос, принявший огненную форму, породил новый мир, и цикл повторялся. В стоической космологии можно видеть следы представлений Гераклита Эфесского, учившего о периодических воспламенениях мира, Платона и пифагорейцев. О последнем говорит упоминание Клеанфом «Очага Вселенной», занимающего мировой центр.

Эта деталь, как ни странно, позволяет предполагать возможность принятия стоиками гелиоцентрической системы. Мы не знаем насколько мнения стоиков о мире были близки к системе Филолая (который, кстати, тоже считал, что: «гибель космоса бывает... от того, что с неба хлынет

огонь» [DK44, A18]), но гипотеза Аристарха позволяла им переосмыслить эту систему. Они могли бы отождествить фантастическую Гестию с Солнцем. Тогда «огонь» естественно занял бы центральное положение при гармоничном строении мира и полном «сохранении явлений». Хотя, конечно, осталось бы не снятым серьезное противоречие между «бесконечной пустотой» стоиков и «бесконечно далекой» звездной сферой Аристарха.

Перипатетикам в принятии гелиоцентрической гипотезы должна была помешать прежде всего физика. Механика Аристотеля не знала инерции. «принудительные» движения, то есть все, кроме движений элементов к своим естественным «местам», происходили в ней только при воздействии внешних сил и с концом воздействия прекращались. По этой причине Аристотелем была отвергнута возможность осевого вращения Земли. На этом основаны и возражения Клавдия Птолемея против осевого вращения Земли. Главное из них – отсутствие отставания от движущейся Земли не связанных с ней тел. [Птолемей, 1998, с.13; Alm, I, 24 – 25].

Орбитальное движение Земли противоречило и теории тяготения Аристотеля. Она основывалась на представлении об особой точке пространства; к ней «по природе» стремятся элементы «земля» и «вода», от нее – «воздух» и «огонь». Земля устойчиво удерживается в этом центре именно потому, что что ее вещество со всех сторон стремится туда, этим же объясняется и ее шарообразность. Такого рода «физические» возражения в корне противоречили гипотезе Аристарха.

Правда, в эпоху Аристарха учение Аристотеля еще не было догмой. Учитель Аристарха Стратон Лампсакский, получивший прозвище «Физик», во многом отошел от основателя школы и сблизился с атомистами. Насколько можно судить по сохранившимся упоминаниям, он признавал наличие пустоты между телами. Он развил и теорию тяготения; согласно Стратону, принявшему идею Демокрита, тяжесть была присуща всем четырём основным элементам, но более тяжелые вытесняли менее тяжелые вверх [Веселовский, 1961, с.27 – 28]. Эта теория оказалась весьма плодотворной, опираясь на нее, Архимед сформулировал законы гидростатики. Но она только усиливала роль тяготеющего центра. Так что для перипатетиков гелиоцентризм был неприемлем.

Не состоялся и союз Аристарха с эпикурейцами, которые, казалось бы, могли опереться на нее для обоснования своих астрономических взглядов, как позже на систему Коперника Джордано Бруно. Эпикур учил о бесконечности пространства и множественности миров «похожих на наш и непохожих». Вывод Аристарха о громадной удаленности звезд, мог бы стать подтверждением этой концепции; следовало лишь отождествить неподвижные звезды с солнцами далеких миров.

Но этого не случилось. Прежде всего преградой для такого решения для эпикурейцев, как и для перипатетиков, стали вопросы тяготения, хотя взгляды Эпикура и Аристотеля по этому поводу были противоположны. Теория Аристотеля об особой тяготеющей точке пространства обосновала единичность нашего мира, что не устраивало эпикурейцев, приемников

атомизма Демокрита. Они отказались от идеи мирового центра и продолжали считать, что Вселенная имеет «верх» и «низ». Их миры вечно «падают» из бесконечности в бесконечность. Римский поэт Лукреций (ок.96 – 55 до н.э.), изложивший учение Эпикура в поэме «О природе вещей», обращаясь к некоему Меммию, так написал об этом:

«Тут одного берегись и не верь утверждению, Меммий,
Что устремляется все к какому-то центру вселенной...
Что, находясь под землей, стремятся к ней тяжести снизу
И пребывают на ней, обернувшись кверху ногами...
Центра ведь нет у вселенной, раз ей никакого
Нету конца...»

[Лукреций, 1983, с.34 – 35, I,
1052 – 53, 1058 – 59, 1070 – 71].

За признание бесконечности пространства и множественности миров Эпикур заплатил идеей шарообразности Земли, которая была в то время прочно связана с мировым тяготеющим центром. Поэтому эпикурейцы придерживались архаичной системой мира с плоской Землей, окруженной твердым непрозрачным небом. Аристарх же, как мы знаем из его труда по определению космических расстояний, считал небесные тела (во всяком случае Землю, Луну и Солнце) шарообразными.

Интересу к новой гипотезе мешало и общее отношение эпикурейцев к астрономии. Атомистическое учение было для них опорой в преодолении фатализма и суеверий. В борьбе с мистическим отношением к небесным явлениям Эпикур даже выступал против однозначного истолкования их причин. Желая избавить людей от страха перед ними, философ в «Письме к Пифоклу» призывает своих последователей искать естественные причины того, что происходит на небе. Философ пишет (в скобках указаны имена мыслителей прошлого, мнения которых он приводит):

«Восход и закат солнца, луны и прочих светил может происходить вследствие их возгорания и погасания, если обстоятельства в тех местах таковы, что допускают совершение этого; никакие видимые явления этому не противоречат (мнение Ксенофана). А может это происходить вследствие их появления над землей и сокрытия за нею; этому тоже никакие видимые явления не противоречат (мнение Анаксимена). Движения их могут совершаться вследствие круговращения всего неба (мнение Эмпедокла), а могут и вследствие того, что небо неподвижно, а они круговращаются по изначальной неизбежности, явившейся при восходе их вместе с возникновением мира (мнение Анаксагора)...»

Повороты в движении солнца и луны происходят, быть может, от искривления неба, с необходимостью происходящего время от времени (мнение Эмпедокла), а может быть, и от сопротивления воздуха (мнение Анаксагора), или оттого, что всегда необходимое вещество отчасти уже сожжено, отчасти еще нетронуто (мнение Гераклита); или оттого, что с самого начала эти светила получили такое кругообращение, что пошли по спирали (мнение Демокрита).

Все такие и подобные объяснения не противоречат очевидности, если только держаться возможного и всякую частность отводить к согласованности с видимыми явлениями, не пугаясь рабских ухищрений астрономов»

[Диоген Лаэртский, 1979, с.423, X, 93].

Стремясь к очевидности, Эпикур и его последователи придерживались мнения о весьма малых размерах Солнца и Луны. По Эпикуру «Величина Солнца и других светил такова, каковой кажется» [там же, с.423, X, 91]. Это парадоксальное утверждение поддерживалось доводами о том, что видимые размеры светящихся объектов не подчиняются законам перспективы. Такие взгляды могли стать для эпикурейцев дополнительным источником недоверия к гипотезе Аристарха. Как говорилось, одной из отправных точек его гипотезы, вероятно, было доказательство, что Солнце намного больше Земли. Мнение Эпикура не только расходилось с оценкой Аристарха, но и обесценивало в глазах приверженцев философа геометрические доводы астронома.

И все же в принципе принятие эпикурейцами гелиоцентрической гипотезы было возможным. Эпикур считал источником знаний ощущения. Достаточно убедительные доводы, казалось бы, могли склонить философов к принятию системы Аристарха или ее включению в систему взглядов в виде одного из возможных видов мироустройства. Это, правда, потребовало бы пересмотра основ атомистики. Чтобы признать возможность существования собственных центров тяготения у отдельных небесных тел, они могли бы, например, приписать атомам слабые тяготеющие свойства.

Но даже в этом случае осталась бы нерешенной одна из ключевых проблем существования Вселенной – она стала бы необратимо эволюционировать. Группы атомов (небесные тела), начали бы сливаться, образуя все более крупные объекты, причем неясно, что этому могло бы воспрепятствовать. Даже мы не так уж давно смирились с фактом эволюции нашей Вселенной, тем более иначе рассуждал Эпикур. Он писал:

«Какова вселенная теперь, такова она была и вечно будет, потому что изменяться ей не во что, ибо кроме Вселенной нет ничего, что могло бы войти в нее внося изменения»

[там же, с.408, X, 39].

Вероятно по этим причинам эпикурейцы до конца остались верны архаичной системе мира, предложенной еще Демокритом. Их приверженность идее плоской Земли оказалась на удивление живучей. Цитированная выше поэма Лукреция была написана на триста лет позже Эпикура, в эпоху, когда уже были написаны «Географии» Эратосфена и Страбона, опиравшиеся на учение о шарообразности Земли, которое упоминали Цицерон и Витрувий. Еще через два столетия Птолемей написал «Географию» и «Альмагест», и в это же время великий историк Корнелий Тацит в «Жизнеописании Юлия Агриколы», как говорилось в гл.2, упомянул о плоской Земле и малых размерах небесной сферы.

То, что на книгу Аристарха откликнулся Клеанф, позволяет думать, что это произошло уже после смерти Зенона, то есть после 262 г. до н.э., когда ученик занял место учителя. Клеанф, видимо не получил приличного образования; Диоген Лаэртский сообщает, что в молодости он был кулачным бойцом, а в зрелые годы, уже являясь учеником Зенона, добывал средства к существованию, работая по ночам водоносом и хлебопеком. Если бы Зенон был жив, то скорее всего сам вступил бы в полемику с астрономом. Но если принять дату смерти Зенона за наиболее ранний срок появления «Предположений» Аристарха, то окажется, что к этому времени среди известных нам философов уже не было в живых тех, кто сумел бы по достоинству ее оценить. В 268 г. до н.э. умер учитель Аристарха Стратон, последний из крупных ученых-перипатетиков, возглавивший Ликей после Феофраста. Еще раньше, в 271 г. до н.э. скончался Эпикур, передав руководство школой Гермарху. Как говорилось, принятие гелиоцентризма и включение его в существовавшие философские системы, особенно в эпикурейскую, было возможным, хотя и потребовало бы от философов определенной гибкости. Но эти качества в большей степени присущи основоположникам учений, чем их последователям, особенно первому поколению учеников, которые чувствуют себя прежде всего хранителями традиции.

Еще одно замечание. Если предположить, что наблюдения звезд Аристиллом связаны с работой Аристарха над гелиоцентрической системой мира, то можно с какой-то долей вероятности назвать время ее появления. Согласно датировке Я.Маэямы Аристилл наблюдал между 266 и 256 гг. до н.э. Дата смерти Зенона находится внутри этого периода и сужает рамки датировки. Поэтому возможное время появления «Предположений», согласно этим посылкам, лежит между 262 и 256 гг. до н.э.

Эпициклы Аполлония

Младший современник Аристарха Аполлоний из Перги (ок.260 – ок.170 до н.э.), ученик Евклида, выдающийся математик, автор знаменитого труда «Конические сечения», не был чужд астрономии – поздний источник называет его оценку расстояния до Луны. Птолемей в Альмагесте приводит теорему Аполлония об идентичности в определенных случаях движения планеты по эксцентричной или эпициклической орбите [Птолемей, 1998, с.373 – 376; Alm, XII, 1]. На этом основании ученого считают изобретателем эпициклической гипотезы движения планет. Неясно, появилась ли она независимо от гипотезы Аристарха, или стала результатом полемики с ней.

Здесь переплетаются две кинематические проблемы – объяснение видимого движения планеты и описание его неравномерности. Если отвлечься от второй задачи, то объяснить петлеобразные траектории верхних планет можно было, признав их эпициклами – реальными дополнительными орбитами. Это позволяло примирить новые наблюдательные данные с теорией тяготения Аристотеля. В этом случае планета помещалась в достаточно объемную сферу, обращающуюся с сидерическим периодом, а в тело

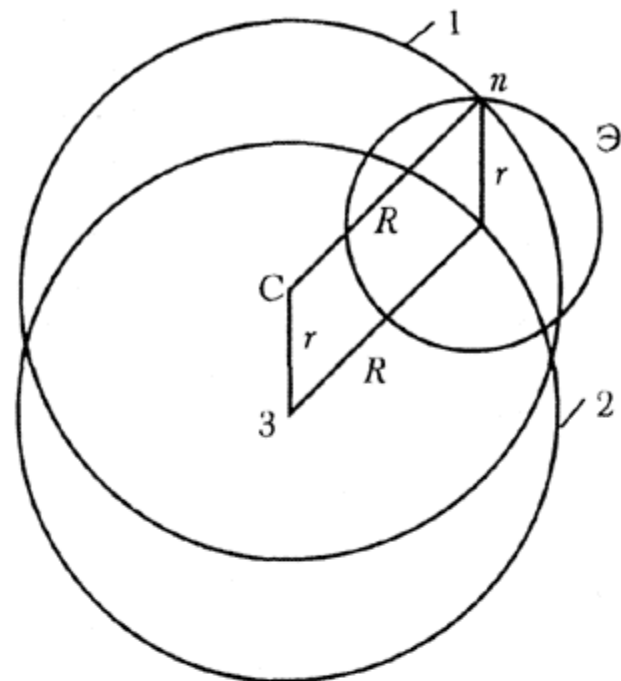


Рис.23. Чертеж к теореме Аполлония. Обозначения: 3 – Земля, С – Солнце, П – планета, r – радиус орбиты Солнца, R – радиус орбиты планеты, 1 – орбита планеты, эксцентричная Земле, 2 – деферент, концентричный Земле, 3 – эпицикл

обе схемы идентичны, и любая может приводить к одинаковым видимым движениям светила (рис.23).

Теорему Аполлония можно представить, как построение шарнирного параллелограмма, один из шарниров которого помещен в центре Земли, а противоположный несет планету. Если левая сторона фигуры начинается с радиуса орбиты Солнца r , и продолжается радиусом околосолнечной орбиты планеты R , то с точки зрения наблюдаемого движения планеты безразлично, какую сторону параллелограмма принять за радиус планетной орбиты. Можно считать ее обращающейся по эпициклу (орбите радиусом r) вокруг некой точки, которая обращается на расстоянии R по концентричному Земле деференту. При таком построении, орбиты верхних планет не охватывают Землю. Правда, эта схема является искусственной, но вполне согласуется с перипатетической картиной мира. Так Аполлоний смог примирить новые данные с физикой Аристотеля.

Его идея оказалась весьма плодотворной. Позже Гишарх из Никеи (190 – 125 до н.э.), вынес центр солнечной орбиты из центра Земли и сумел таким образом описать неравномерность движения светила. Система деферент-эпицикл, параметры которых можно было выбирать, согласовывая с наблюдениями, дали Птолемею возможность создать математическую модель, которая позволяла вычислять положение светил в заданный момент времени.

большой сферы вкладывалась малая, несущая светило, которая обращалась согласно синодическому. Такая модификация системы Евдокса-Каллиппа вполне вписывалась в перипатетическую систему мира.

Первоначально простые эпициклы предлагались для описания движений Меркурия и Венеры. Там планеты обращались вокруг Солнца, а само оно вокруг Земли. Эта схема могла быть получена из системы Аристарха путем простого перенесения ее центра от Солнца к Земле. Верхние планеты также движутся по орбитам, центры которых кроме того обращаются вместе с Солнцем, но их пути охватывают Землю. Такие «эксцентры» плохо согласуются с системой несущих светила сферы. Аполлоний показал, что

Глава 9 СИСТЕМА МИРА АРХИМЕДА

Кроме Аристарха и Аполлония с еще одной альтернативной системой мира, как мне посчастливилось установить, выступил тогда же величайший ученый античности Архимед Сиракузский (287 – 212 до н.э.).

Как правило, Архимеда не считают крупным астрономом. Он известен как математик, основоположник статики, гидростатики, вообще математической физики, выдающийся инженер. В связи с астрономией обычно вспоминают описанный в «Псаммите» способ измерения углового поперечника солнечного диска и учет радиуса Земли при обработке результата измерения (что было новшеством), и еще, знаменитый Архимедов механический небесный глобус – шедевр античной механики.

Но среди упоминаний об ученом сохранилась сводка космических расстояний, которую привел со ссылкой на Архимеда христианский писатель Ипполит (р. до 170 – 236). Эти сохраненные Ипполитом величины неоднократно анализировались крупнейшими исследователями истории античной науки, в том числе Полем Таннери и Отто Нейгебауэром [Tannery, 1893, р.333; 1912, р.392 – 394; Neugebauer, 1975, р.647 – 651], но, хотя в них и были обнаружены некоторые закономерности, их происхождение и значение осталось неясным.

Эта глава посвящена анализу данных космических расстояний, которые, как оказалось, позволяют реконструировать систему мира ученого и показать, что он являлся выдающимся астрономом своего времени. Выяснилось, что вклад Архимеда в астрономию был огромен, что ему принадлежит ряд принципиальных достижений в области теоретической и наблюдательной астрономии. Среди них – создание «смешанной» гео-гелиоцентрической системы мира с обращением Меркурия, Венеры и Марса вокруг Солнца, а Луны, Юпитера, Сатурна и звездной сферы вокруг Земли; первое и единственное в античное время достаточно точное определение относительных радиусов орбит Меркурия, Венеры и Марса; обнаружение факта, что радиусы орбит этих планет приблизительно относятся как 1:2:4; определение относительного расстояния до Луны с наибольшей в античной науке точностью и измерение отношения поперечника земной тени к видимому размеру Луны точнее последующего определения Гишарха.

Источники

Фрагмент Ипполита, касающийся Архимеда, принято относить к утраченной книге ученого «Об устройстве небесного глобуса» (опыт реконструкции этого прибора дан в главе 10). Правда, глобус служил демонстрационным целям, и описание системы мира, к которой относятся

космические расстояния, не могло иметь прямого отношения к его устройству. Однако не исключено, что ученый счел не лишним коснуться в этой книге и астрономических вопросов.

Основные сведения о космических расстояниях Архимеда содержатся в тексте сочинения Ипполита «Опровержение всех ересей», который выглядит так:

«Расстояние от поверхности Земли до лунной орбиты сам... Аристарх Самосский оценивает в своем сочинении в <800 мириад 178 единиц стадий, а Аполлоний 500 мириад стадий>, Архимед же в 554 мириады 4130 единиц стадий; от лунного до солнечного круга стадий 5026 мириад 2026 единиц; от него до круга Венеры стадий 2027 мириад 2065 единиц; от него до круга Меркурия стадий 5081 мириада 7165 единиц; от него до круга Марса стадий 4054 мириад 1108 единиц; от него до круга Юпитера стадий 2027 мириад 5065 единиц; от него до круга Сатурна стадий 4027 мириад 2065 единиц; от него же до зодиака и самой последней окружности стадий 2008 мириад 4005 единиц.

Таковы переданные Архимедом расстояния орбит друг от друга и глубины сфер; периметр же зодиака он принимал стадий 4 вторых числа 4731 мириада, таким образом получается, что расстояние от центра Земли до самой крайней поверхности будет шестой частью упомянутого числа, расстояние же от поверхности Земли, на которой мы живем, до зодиака получится, если шестую часть упомянутого числа уменьшить на 4 мириады стадий, которые представляют расстояние от центра Земли до ее поверхности.

От круга Сатурна до Земли, как он говорит, будет <вторых чисел две единицы 2269 мириад 2711 единиц, от круга Юпитера до Земли, вторых чисел две единицы 272 мириады 665 единиц, от круга Марса до Земли, вторых чисел одна единица 3241 мириада 8581 единиц, от Солнца до Земли> вторых чисел одна единица 2160 мириад 4454 единицы, от Меркурия до Земли 5268 мириад 8259 единиц, от Венеры до Земли, 5081 мириада 5160 единиц... так вот расстояния и глубины сфер Архимед дает такими.

Изложенные Архимедом числа и приводимые другими отношения касательно расстояний, если они не будут находиться в созвучных отношениях, то есть в так называемых платоновских двойных и тройных, то оказываясь вне созвучий, они не могут сохранить гармоничного строения Вселенной... а что остальные, данные Архимедом числа, относительно расстояний планет не находятся в созвучных отношениях, легко установить, если подумать, как и в каких отношениях они находятся друг к другу.»

[Hippolitus, 1916, IV, 8,9; перевод
И.Н.Веселовского [Архимед, 1962, с.370]
(скобками <> выделен текст, отсутствующий
в русском издании)

Вероятно, об этой же группе величин упоминает римский писатель V в. Макробий в своих «Комментариях на сон Сципиона», относящихся к эпизоду из диалога Цицерона «О государстве»:

«Также и Архимед считал, что он определил число стадий, на которое от поверхности Земли удалена Луна, а от Луны – Меркурий, от Меркурия – Венера, от Венеры – Солнце, от Солнца – Марс, от Марса – Юпитер, от Юпитера – Сатурн; все же расстояние от Сатурна до самого звездного неба, он, как думал, измерил только рассуждением»

[Macrobius, 1963; II,3, 13 – 14].

Здесь важно противопоставление расстояния от Сатурна до неба звезд, найденного «рассуждением», и остальных интервалов, которые, видимо, следует считать результатами наблюдений и расчетов. О том, что оба сообщения восходят к общему источнику говорит совпадение двух деталей: и Ипполит и Макробий упоминают, что начало отсчета интервалов ведется от поверхности Земли и что космические расстояния определены с точностью до единиц стадий.

Сохраненные Ипполитом величины (с разночтениями) приведены в табл.5. Для удобства дальнейшего рассмотрения они обозначены латинскими буквами от *a* до *g* в порядке, какой дает текст Ипполита. В данной работе числа приводятся в мириадах (десятках тысяч) стадий; стадии даются в виде четырех разрядов десятичной дроби. Величины дошли до нас в несколько искаженном виде. Имеются и расхождения в передаче 6 чисел в разных рукописях; эти числа представлены в двух вариантах.

Данные имеют следующую структуру: сперва перечислены 8 интервалов между орбитами небесных тел, включая расстояние от «круга Сатурна до зодиака» (О.Нейгебауэр назвал их числами группы А). Дальше приведен «периметр зодиака», а за ним 6 величин расстояний от светил до Земли, начиная с Сатурна и кончая Венерой (по Нейгебауэру – числа группы В).

Следует отметить различия в порядке перечисления интервалов у Ипполита и Макробия: здесь Ипполит придерживается «платоновского» порядка светил, а Макробий «птолемеевского». Основное расхождение между ними касается места Солнца: Платон помещает его до планет, Птолемей – за Меркурием и Венерой. Второе отличие – положение Венеры; согласно Платону Венера ближе к Земле, чем Меркурий. Однако, в расстояниях до планет (числах В), в отличие от интервалов (чисел А) Ипполит располагает Солнце «по Птолемееву». Таким образом, приводимый писателем порядок расположения светил нельзя считать надежным. Величина «периметра зодиака» искажена настолько, что ее вообще не удастся математически согласовать с другими величинами.

Как упоминалось в гл.5, Ипполит в космологии является откровенным приверженцем «гармонии сфер» Платона и приводит данные Архимеда, как пример ошибочного определения космических расстояний.

Таблица 5

«Числа Ипполита» и их интерпретация. Числа даны с
разночтениями, измененные цифры выделены.
Обозначения: $S = 27,2065$; $M = 2027,2065$; $A = S / 3 + a + d = 5645,1013$

Наименование	Обозначение	По тексту Ипполита	По Нейгебауэру		В данной гипотезе	
			число	формула	число	формула
от поверхности Земли до Луны	a	554,4130	554,4130	$500+2S$	554,...	
от круга Луны до круга Солнца	b	5027,2065 5026,2065	5027,2065	$5000+S$	2027,2065	M
от него до круга Венеры	c	2027,2065 5027,2065	2027,2065	$2000+S$	2027,2065	M
от него до круга Меркурия	d	5081,6165 5081,7165	5081,6195	$5000+3S$	5081,6195	$5000+3S$
от него до круга Марса	e	4054,1108 4054,4154	4054,4130	$4000+2S$	4054,4130	2M
от него до круга Юпитера	f	2027,5065	2027,2065	$2000+S$	добавлено позже	
от него до круга Сатурна	g	4037,2065	4027,2065	$4000+S$	2027,2065	M
от него до зодиака	h	2008,0045 2008,2005	2027,2065	$2000+S$	2027,2065	M
периметр зодиака	i	44731,0000			сильно искажено	
от круга Сатурна до Земли	k	22269,2711	22269,2711		22299,2715	11M
от круга Юпитера до Земли	l	20272,0646 20277,0646	20277,0646		20272,0650	10M
от круга Марса до Земли	m	13241,8581	13241,8581		добавлено позже	
от Солнца до Земли	n	12160,4454	12160,4451		добавлено позже	
от Меркурия до Земли	p	5268,8259	5268,8256		5268,...	$\sqrt{A^2 - M^2}$
от Венеры до Земли	r	5081,5160	5081,5160		сильно искажено	

Исследования

Об анализе сохраненной Ипполитом группы величин не могло быть и речи, если бы они не оказались математически связанными. Первый исследователь чисел П.Таннери отметил важную особенность структуры величин интервалов между орбитами, а именно, что любой интервал можно представить в виде суммы двух величин «большой» и «малой», [Tanner, 1893, p.333; 1912, p.392 – 394]. Размеры интервалов « x » определяются формулой:

$$x = wt + vS, \quad (1)$$

где: $t = 500$ мириад стадий, $S = 27,2065$, w и v – целые числа.

Действительно,

$$\text{число } a = 554,4130 = t + 2S;$$

$$\text{число } b = 5027,2065 = 10t + S;$$

$$\text{число } c = 2027,2065 = 4t + S;$$

Эта же формула после внесения небольших исправлений описывает структуру еще 6 чисел (в скобках дано число исправленных цифр):

$$d = 5081,6165; d = 5081,6195 = 10t + 3S \quad (1),$$

$$e = 4054,1108 \text{ или } 4554,4154; e = 4054,4130 = 8t + 2 \quad (3),$$

$$f = 2027,5065 = c \quad (1), h = 2008,0045 \text{ или } 2008,2065 = c \quad (3),$$

$$g = 4037,2065; g = 4027,2065 = 8t + S \quad (1).$$

Всего в числа текста внесено 7 единичных исправлений.

О.Нейгебауэр, который привел эти данные, отмечает, что в принципе, суммируя интервалы (числа группы А), можно было бы получить расстояния (числа В). Однако результаты суммирования не совпадают с приведенными в тексте расстояниями, хотя структура части расстояний также подчинена формуле (1). [Neugebauer, 1975, p.647 – 651].

Ни Таннери, ни он не высказали каких-либо гипотез о происхождении сохраненных Ипполитом величин. Нейгебауэр пишет: «Я не могу сказать как Архимед получил эти числа. Ясно, что в величинах (А) он приписывает Меркурию центральное положение, которое в величинах (В) занимает Солнце. Остается тайной, почему он столь различно размещает светила в (А) и (В)» [там же, p.650].

Неожиданную гипотезу смысла чисел предложила в 1983 г. К.Осборн. Она заметила, что последовательность коэффициентов при S в формуле (1) соответствует гармоническому музыкальному ряду, принятому у неопифагорейцев. Правда, для приведения величин в соответствие с гипотезой, исследовательнице пришлось внести в числа 24 исправления и согласовать последовательность перечисления интервалов с порядком перечисления расстояний. Слабое место гипотезы состоит в том, что найденная Осборн закономерность выполняется только для шести младших разрядов величин интервалов, не затрагивая старшие [Osborn, 1983].

Г.Е.Куртик развил гипотезу К.Осборн. Ему удалось, ценой внесения в данные источника 37 исправлений, распространить соответствие пифагорейскому музыкальному ряду на все разряды величин интервалов между орбитами [Житомирский, Куртик, 1988 с.8 – 15]. Замечу, что моя гипотеза потребовала только 12 единичных исправлений, правда 5 чисел были признаны не принадлежащими к первоначальному тексту, а одно (r) – утерянным.

Однако гипотеза Осборн-Куртика многого не объясняет. Неясно откуда появилась исходная величина a – расстояние «от поверхности Земли до Луны». Чтобы получить нужные результаты Г.Е.Куртику потребовалось данную в тексте величину 554,4130 исправить на 4054,4130, то есть прибавить к ней 3500 мириад стадий. Это громадное расстояние до Луны входит в противоречие с приведенными Ипполитом непосредственно перед оценкой Сиракузца оценками его современников – Аристарха в 800,0178 и Аполлония в 500 мириад стадий. Трудно объяснить, по какой причине Архимед мог отвергнуть результаты Аристарха и Аполлония и принять настолько завышенную величину. Представляется сомнительной и возможность самой связи Архимеда с неопифагорейцами.

Авторство Архимеда

Отмечая малую обоснованность появления в трудах Архимеда следов пифагорейского музыкального ряда, Г.Е.Куртик предположил, что приведенные Ипполитом числа являются результатом мистификации и не имеют отношения к ученому. Однако, есть доводы в пользу того, что они действительно принадлежат Архимеду.

Во-первых, известно, что Архимед серьезно занимался астрономией. Об этом красноречиво говорит астрономический экскурс в арифметическом сочинении «Псаммит». Там Архимед решает задачу определения размеров Вселенной, и, хотя она носит заведомо демонстрационный характер, интерес Архимеда к космическим расстояниям очевиден. Там же он описывает методику определения углового диаметра Солнца, и приводит соответствующие действительности результаты измерений. При этом впервые в истории учитывается влияние факта наблюдения светила не из центра Земли, а с ее поверхности.

Есть и более конкретная деталь, определенно указывающая на принадлежность чисел Архимеду. Ипполит в девятизначных величинах называет сотни миллионов «вторыми числами». Именно такую запись весьма больших чисел Архимед предложил в «Псаммите», но в дальнейшем, после справедливой критики Аполлония, она не получила распространения [Архимед, 1962, с.358 – 364]. Наконец, авторство Архимеда подтверждает Макробий, источник повидимому независимый от Ипполита. Кстати, ни Таннери, ни Нейгебауэр, ни Осборн не высказывали сомнений в принадлежности величин Архимеду.

Обнаружение новых закономерностей

С космическими расстояниями Архимеда я столкнулся в 1973 г. при сборе сведений о его механическом небесном глобусе. К сожалению, во фрагменте Ипполита, помещенном в русском издании «Сочинений» Архимеда имеется серьезная погрешность, возникающая, видимо при наборе этого однообразного малоосмысленного текста. В цитате пропущены упоминания о числах l , m , n , а к числу k – «расстоянию от Сатурна до Земли» – отнесено, вместо нужного, значение числа n – «от Солнца до Земли». Это привело к тому, что первая работа по анализу группы сохраненных Ипполитом величин дала лишь предварительные результаты [Житомирский, 1977, с.319 – 337].

В то время я не знал о работах Таннери, а монография Нейгебауэра еще не была издана. Поэтому я пришел к несколько другой, более грубой, закономерности, связывающей величины интервалов, а именно, их кратности некоему модулю M , который равен 2027,2065 мириад стадий.

Действительно, числа c , f , h равны модулю, число e , (по Нейгебауэру $4054,4130 = 4000 + 2S$) равно $2M$, а число n , которое ошибочно считалось величиной k , после исправления младших разрядов можно признать равным $6M$.

Но главным результатом работы стало обнаружение закономерности, которая ставила под сомнение принадлежность расстояний к чисто геоцентрической системе мира. Оказалось, что число p – расстояние «от Меркурия до Земли» – можно получить как катет прямоугольного треугольника, гипотенузу которого составляет расстояние от Земли до Солнца, а второй катет – модуль M .

Астрономический смысл этого треугольника – определение радиуса гелиоцентрической орбиты Меркурия по расстоянию Земля-Солнце и углу между Солнцем и планетой в максимальной элонгации. Действительно, как видно из рис.24, при этом расположении светил луч зрения земного наблюдателя касателен к орбите планеты, и угол Земля-Меркурий-Солнце является прямым. Измерив угол между планетой и Солнцем, и зная расстояние Земля-Солнце, нетрудно определить радиус орбиты нижней планеты.

Эта интерпретация потребовала допущения, что наименования интервалов в тексте переставлены (к чему впоследствии пришла и К.Осборн). А именно, – интервал « c » относится не к Венере, а к Меркурию, а интервал « d » не к Меркурию, а к Солнцу. Кроме того в текст вносятся небольшие уточнения. Наименование числа c : «От него до круга Меркурия», следует читать: «От него (Солнца) до круга Меркурия», а к обозначению числа p (14-го по счету): «от Меркурия до Земли» добавить слова: «в максимальной элонгации».

Предположительный радиус орбиты Меркурия имеется в тексте – это $c = M = 2027,2065$. Расстояние от Земли до Солнца – A можно определить, сложив интервалы «от поверхности Земли до лунного круга» и «от круга Луны до круга Солнца» то есть числа a и d и радиуса Земли. Радиус Земли в группе величин отсутствует, и первоначально пришлось воспользоваться

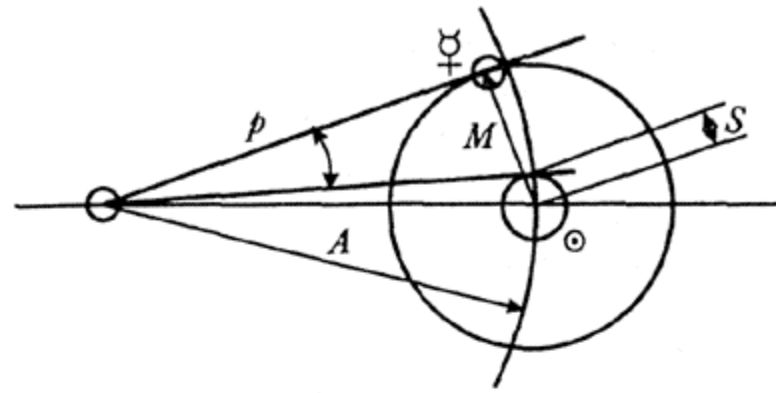


Рис.24. Определение радиуса орбиты Меркурия. Обозначения: А – расстояние Земля-Солнце, М – радиус орбиты Меркурия, S – радиус Солнца, а – угол Земля-Меркурий-край Солнца

его довольно близкой к действительности величиной в 4 мириады стадий, которую без ссылки на Архимеда дает Ипполит. Итак:

$$A' = a + d + Z' = 554,4130 + 5081,6130 + 4 = 5640,0325$$

Считая величину c малым катетом треугольника, и A' – его гипотенузой, можно по теореме Пифагора независимо вычислить большой катет, то есть расстояние от Земли до Меркурия p' .

$$p' = \sqrt{A'^2 - c^2} = \sqrt{5640,0325^2 - 2027,2065^2} = 5263,1196 \quad (2)$$

согласно тексту $p = 5268,8256$

Совпадение трех старших разрядов имеющегося в тексте и вычисленного чисел вряд ли можно считать случайным. Больше того, угол Меркурий-Земля-Солнце этого треугольника составляет 21° и соответствует действительной величине наибольшего видимого удаления Меркурия от Солнца, которая меняется в пределах от 18 до 28° .

Рядом с расстоянием «от Меркурия до Земли» Ипполит помещает аналогичное расстояние для Венеры (число r). К сожалению, по-видимому из-за ошибки переписчика, здесь повторено несколько искаженное число d , так что в этом случае провести его независимое вычисление невозможно.

Естественно было предположить, что небольшое расхождение вычисленного числа p' и имеющегося в тексте p связано с занижением радиуса Земли Z , который Архимед мог считать иным, чем Ипполит, живший на четыре столетия позже. Из предположения, что число p является верным, из формулы (2) был вычислен предположительный «Архимедов» радиус Земли Z' . Он оказался равным 9,24 мириадам стадий.

В 1987 г. автор вместе с Г.Е.Куртиком вернулся к анализу сохраненных Ипполитом величин. Опечатка в русском издании Архимеда была обнаружена. Выяснилось, что у Ипполита кроме интервалов имеются данные о расстояниях от всех светил до Земли. Однако, наличие среди них расстояния «от Солнца до Земли» (числа n) сразу поставило под сомнение

принадлежность части этих величин первоначальному тексту. Приведенная там величина $n = 12860,4454$, старшие разряды которой соответствуют величине $6M$, а младшие $7M$ почти в 6 раз больше той, которая получается при суммировании интервалов Земля-Луна и Луна-Солнце и подтверждается соотношением (2).

Смысл формулы Таннери

В группе сохраненных Ипполитом чисел можно отметить противоречие, требующее объяснений. Это – определение расстояний, измеряемых сотнями миллионов стадий с точностью до стадии. Причем, как показал Таннери, числа интервалов состоят из «большого», округленного числа и «малого», вычисленного до стадий. Такой структурой обладают наиболее важные величины – интервалы между орбитами светил, кратные модулю $M = 2000 + S$ и расстояние от орбиты Луны до Солнца $d = 5000 + 3S$ (где $S = 27,2065$ стадий).

Смысл открытой Таннери двухкомпонентной структуры ключевых чисел можно понять, анализируя подход ученых эпохи Архимеда к определению космических расстояний. Нам известны только две подобных работы: «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» Аристарха Самосского и «Псаммит» самого Архимеда. Их общая черта – принятие неких грубых числовых данных, отталкиваясь от которых, производятся без округлений довольно громоздкие вычисления. Ученые сохраняют «геометрический» подход – принимают постулаты, и доказывают правильность полученных из них результатов. При этом авторов занимают в первую очередь проблемы методики, а не соответствие полученных данных действительности.

Так, Аристарх принимает, что Луна «стягивает 15-ю часть знака зодиака», то есть ее угловой диаметр равен 2° (в 4 раза больше действительного значения) и «ширина земной тени вмещает две Луны» (действительное отношение 2,6). Из этих весьма грубых округленных значений ученый выводит следующие соотношения между объемами Земли и Луны: «Земля находится с Луной в отношении не большем, чем у 1259712 к 79507, но меньшем, чем у 216000 к 6858» [Веселовский, 1961, с.32, 58]. Его оценка расстояния до Луны, приведенная Ипполитом, также дана с точностью до стадий.

Архимед в этом смысле явно следует Аристарху. В «Псаммите» он пишет: «Многие пытаются доказать, что периметр (земного) экватора равен 30 мириадам стадий, я же иду дальше...» и принимает величину в 10 раз большую [Архимед, 1962, с.260]. Эти заведомо фантастически преувеличенные значения не мешают ему при определении углового диаметра Солнца вводить поправку, связанную с размером зрачка наблюдателя, а в процессе расчета расстояния до светила учитывать, что измерение ведется с поверхности планеты, а не из ее центра.

Напрашивается вывод, что «малое» число, выделенное Таннери, является некой поправкой к более грубой оценке основной величины. Найденное соотношение (2), демонстрирующее методику определения радиуса орбиты внутренней планеты, позволяет предложить на роль поправки величину радиуса Солнца.

Учитывая условия наблюдения, можно думать, что фиксация углового расстояния между планетой и Солнцем, скорее всего должна была вестись от края светила в момент его появления над горизонтом. Тогда вычисленный по измеренному углу радиус орбиты был бы «расстоянием от поверхности Солнца до Меркурия». Чтобы получить радиус орбиты, к этой величине требовалось прибавить радиус Солнца S . Так мог появиться модуль $M = 2000 + S$, ставший мерилем межпланетных расстояний, где 2000 мириад стадий – грубая оценка радиуса орбиты Меркурия, наименьшей из планетных орбит, а S – поправка на радиус Солнца.

Однако, возникает вопрос, почему радиус самого Солнца $S = 27,2065$, вычислен с точностью до стадии? Для ответа следует рассмотреть возможности определения расстояний в системе Земля-Луна-Солнце. Ниже будет показано, что там за основу также были приняты целночисленные отношения, которые в процессе вычислений и привели к данному результату.

Архимедов радиус Земли

Одно из, повидимому, принятых Архимедом целночисленных отношений – кратность радиусов Солнца и Земли. Как говорилось, из соотношения (2) был вычислен предположительный «архимедов» радиус Земли $Z' = 9,24$ мириад стадий. Отношение $S:Z' = 27,2065:9,24 = 2,944$. Это отношение настолько близко к 3, что возник соблазн считать его точным и принять $Z = S:3 = 27,2065:3 = 9,0688$. Эта величина обеспечивает при вычислении по формуле (2) расстояния до Меркурия (числа p) лучшее совпадение с имеющимся в тексте числом p . С принятым радиусом Земли скорректированное расстояние от Земли до Солнца составит $A = 5636,0325 + 9,0688 = 5645,1013$, а искомое число:

$$p'' = \sqrt{A^2 - c^2} = \sqrt{5645,1013^2 - 2027,2065^2} = 5268,5483 \quad (3)$$

согласно тексту $p = 5268,8256$

Принятая величина радиуса Земли Z при вычислении по формуле (2) расстояния до Меркурия обеспечила совпадение 4-х старших разрядов чисел p и p' . Неполное совпадение можно объяснить ошибкой переписчиков. Есть основания предполагать, что они относились к мириадам стадий с большим вниманием, чем к стадиям. Например, разночтения чисел текста Иполита из разных рукописей в большинстве случаев касаются именно младших разрядов.

Очевидно размер Земли должен был стать одной из основополагающих данных расчета космических расстояний. В античной традиции он обычно давался в виде периметра экватора. Удвоив полученный радиус и умножив его на $22/7$ (прекрасное приближение числа «пи», которым Архимед пользовался в «Псаммите»), получим периметр земного шара:

$$9,0688 \times 2 \times 22:7 = 57,0039 \text{ мириад стадий}$$

Два нуля после запятой говорят о том, что данный радиус Земли был по всей вероятности получен из принятой длины экватора в 57 мириад стадий; наличие последних цифр – возможная ошибка вычислителя.

В километре содержится около 5,6 аттических стадий. Если Архимед пользовался этой мерой, то считал длину экватора равной 101000 км. Это в 2,5 раза больше действительной величины, но не слишком отличается от оценок той эпохи. Аристотель называет величину 40 мириад стадий, Архимед в «Псаммите» привел, как общеизвестный, периметр Земли в 30 мириад, но контекст показывает, что сам он не придерживался этой величины. Младший современник Архимеда и его корреспондент по переписке Эратосфен получил на основе измерений близкую к действительности величину в 25 мириад, но, возможно, его результат остался неизвестным Архимеду или был получен уже после завершения данной работы.

Величины, связанные с соотношением (3) можно считать достаточно надежными. Правда, остаются сомнения в надежности младших разрядов двух величин. Первое из них, как говорилось, касается числа p . Второе относится и к числу $a = 554,4130$ (расстоянию от поверхности Земли до Луны). Его младшие разряды равны удвоенным младшим разрядам модуля M , что отмечено Нейгебауэром. Но расстояния до Луны и Солнца не подчиняются модульной структуре, и здесь можно видеть ошибку переписчика – перенос на число a значения единиц стадий числа ϵ (интервала до Марса) равного $2M$.

Параметры системы Земля-Луна-Солнце

В определении расстояний до Луны и Солнца Архимед не был пионером, первым решил эту задачу Аристарх Самосский. Однако, Аристарх принял весьма грубые значения величин, поддающихся прямому измерению, что, естественно, сказалось на результатах его работы. Выделенные из сообщения Иполита величины позволяют определить соответствующие данным Архимеда действительным параметрам системы Земля-Луна-Солнце.

1. Радиус лунной орбиты H , вычисляется как сумма интервала «от поверхности Земли до лунного круга» (числа a) и радиуса Земли Z :

$$H = a + Z = 554,4130 + 9,0688 = 563,4818$$

2. Относительное расстояние от Земли до Луны E :

$$E = H/Z = 563,4818:9,0688 = 62,1 \text{ земных радиусов} \quad (4)$$

Эта величина соответствует действительной, которая меняется в пределах 56 – 64. Следует отметить, что это наиболее ранняя из известных нам правильная ее оценка.

3. Видимый угловой радиус Солнца:

$$\sin \gamma = S/A = 27,2065:5645,1013 = 0,004819, \quad \gamma = 16'39''$$

Величина близка к действительной, которая равна 16'. Она близка и к верхнему пределу, найденному Архимедом в «Псаммите» (16'15").

4. Отношение расстояний до Солнца и Луны: N

$$N = A/H = 5645,1013 : 563,4819 = 10,018 \quad (5)$$

Действительное отношение – 398 намного превышает найденное. Его занижение неудивительно, из-за сложности определения расстояния до Солнца. У Аристарха, к примеру, оно получилось близким к 19. Но для данного исследования гораздо важнее не расхождение с действительностью, а почти полная кратность расстояний 10! (Небольшое отклонение можно отнести за счет ошибок в младших разрядах числа a).

Это не единственный случай признания отношения расстояний до Солнца и Луны целочисленным и близким к полученному. В «Псаммите» Архимед сообщает, что его отец Фидий считал это отношение равным 12, а Евдокс 9. Кажется вероятным, что Архимед при определении параметров системы Земля-Луна-Солнце, принял это отношение равным 10. Это кажется тем более вероятным, что позволяет объяснить отмеченную Нейгебауэром структуру интервала между орбитами Луны и Солнца.

По Нейгебауэру структура интервала Луна-Солнце представляет собой сумму:

$$d = 5000 + 3S. \quad (6)$$

Согласно принятой концепции, здесь 5000 мириад стадий есть некое грубо определенное расстояние, а $3S$ – поправка на 3 радиуса Солнца или, что более вероятно, 9 радиусов Земли. Действительно, если отношение расстояний до Солнца и Луны Архимед принял равным 10, то расстояние до Солнца можно записать как:

$$A = 10H = 10(a + Z). \quad (7)$$

Тогда интервал Луна-Солнце составит:

$$\begin{aligned} d &= A - H = 10(a + Z) - (a + Z) = 9a + 9Z, \\ d &= 9a + 9Z = 5000 + 9Z. \end{aligned} \quad (8)$$

То есть поправка на 9 радиусов Земли получает объяснение через отношение (5) – она результат кратности десяти расстояний от Земли до Луны и Солнца. Из соотношения (8) можно найти первоначальное расстояние «От поверхности Земли до Луны» a . Первый член суммы (7), равен 5000 мириад стадий, отсюда $9a = 5000$, и расстояние $a' = 5000/9 = 555,5\dots$ Текст, однако, дает близкое число 554,4130 (с ненадежными младшими разрядами). Это может быть связано с уточнением расстояния до Луны, учитывающим особенности ее наблюдения, что будет разобрано ниже.

Предварительное расстояние от Земли до Солнца должно быть в 10 раз больше и составлять $50000/9$ или, в терминологии Архимеда, $5/9$ второго числа мириад стадий.

Анализ лунного затмения

Картина лунного затмения давала уникальную возможность определения относительных размеров небесных тел, участвующих в этом событии. Анализом затмения воспользовался для этого Аристарх Самосский. Вряд ли без него мог обойтись в своей работе и Архимед. Принятые ученым соотношения и, очевидно, наблюдения приводят к отношению радиусов Солнца и Земли равному

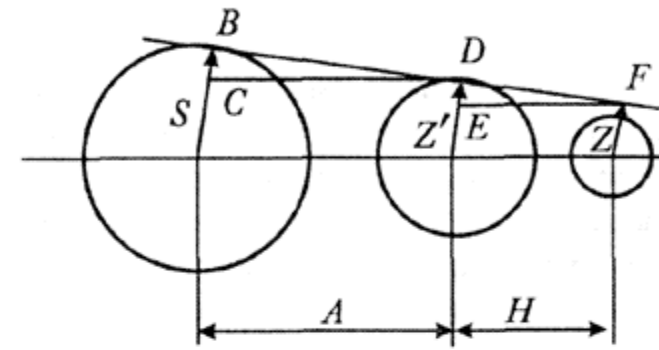


Рис.25. Схема лунного затмения. Обозначения: A – расстояние Земля-Солнце, H – расстояние Земля-Луна, S – радиус Солнца, Z – радиус Земли, T – радиус земной тени на Луне

трем. Схема лунного затмения показана на рис.25. В момент середины затмения все три светила оказываются на одной оси. Луч от края Солнца, касательный к поверхности Земли, пройдет на уровне Луны у воображаемого края земной тени. Проведя линии, параллельные оси затмения, через эту точку и точку касания луча с Землей получим два подобных треугольника BCD и DEF . Их гипотенузы равны расстоя-

ниям от Земли до Солнца и Луны, а малые катеты разностям радиусов Солнца, Земли и земной тени на уровне Луны.

Нас интересует отношение (K) радиуса земной тени (T) к радиусу Луны – важной величины, которая доступна наблюдению.

Формула (4) показывает, что радиус Луны L в 10 раз меньше радиуса Солнца, или $L = S/N$. Поскольку $K = T/L$,

$$K = TN/S. \quad (9)$$

Из подобия треугольников BCD и DEF получаем отношение:

$$(S - Z)/A = (Z - T)/H.$$

Решим его относительно T с учетом, что $A/H = N$, и, подставив в формулу (9), получим:

$$K = Z/S(N + 1) - 1. \quad (10)$$

Для нашего случая:

$$K = \frac{1}{3}(10 + 1) - 1 = 8/3 = 2,66\dots$$

Полученное значение отношения размера земной тени на Луне к размеру лунного диска соответствует среднему действительному, которое составляет 2,64 и лучше других античных оценок. Аристарх, как говорилось, принимал его равным 2, Гиппарх – 2,5. Таким образом кажется весьма

вероятным, что отношение радиусов Солнца и Земли, равное трем, Архимед получил, задавшись отношением расстояний до Солнца и Луны и с большой точностью измерив размер земной тени на Луне. Возможно, это было сделано путем измерения размеров хорды видимой дуги тени и высоты стягиваемой ею дуги.

Полученный результат позволяет думать, что расстояние до Луны, равное 62,1 земных радиусов, Архимед также определил, опираясь на анализ лунного затмения.

Возникает вопрос, возможно ли было получить близкое к действительному относительное расстояние до Луны при сильно заниженном отношении N (10 вместо 390)? Выясняется однако, что это отношение зависит от функции N вида: $(N+1)/N$. Для нашего случая значение функции равно 1,1, то есть результат по этой причине мог отклониться от действительной величины не больше, чем на 10%. Это меньше, колебания видимого поперечника Луны из-за эллиптичности ее орбиты.

Система мира

Как говорилось, соотношение (3) свидетельствует в пользу того, что Архимед считал Меркурий обращающимся вокруг Солнца. Но мог ли он, подобно Аристарху, быть гелиоцентриком? Анализ чисел исключает такую возможность. Система мира Архимеда не могла быть чисто гелиоцентрической – этому противоречит имеющийся среди чисел интервал «от него (круга Сатурна) до зодиака», число h по видимому равно модулю. Наличие этого интервала зафиксировано и Макробием. Это означает, что небо звезд располагалось сравнительно близко к Земле, а она – в центре мира. Другое положение Земли привело бы к заметным сезонным параллактическим движениям звезд. Как известно из упоминания в «Псаммите», творец гелиоцентрической системы Аристарх считал расстояние до звезд практически бесконечным, причем Архимед отнесся к такому предположению скептически.

В данном случае речь может идти о так называемой геогелиоцентрической системе мира с обращением вокруг Солнца части планет, а самого Солнца вокруг Земли. О подобной системе с гелиоцентрическими орбитами Меркурия и Венеры, как об общеизвестной, в I в. до н.э. писал римский архитектор Витрувий [Витрувий, 1936, с. 246; кн. IX, гл. 1, 6]. Позже этой идеей воспользовался Тихо Браге, который очертил вокруг Солнца орбиты всех планет. То есть Архимед сыграл по отношению к Аристарху ту же роль, которую по отношению к Копернику сыграл Браге. Поскольку нет уверенности в том, что обращение нижних планет вокруг Солнца предполагал еще Гераклid Понтийский, не исключено, что автором геогелиоцентрической системы мира является именно Архимед.

Рассмотрим конкретные параметры Вселенной Архимеда. Из соотношения (3) следует, что Меркурий обращается вокруг Солнца и радиус его орбиты равен M . Предположив, что Венера также обращается вокруг

Солнца, размер ее орбиты легко вычислить по интервалу «от него (круга Меркурия) до круга Венеры» – числу b . При исправлении первой цифры он также равен M . Таким образом радиус гелиоцентрической орбиты Венеры составит $2M$. Если же и Марс считать гелиоцентрической планетой, то радиус его орбиты будет равен сумме интервалов:

$$c + b + e = M + M + 2M = 4M,$$

то есть величины орбит Меркурия, Венеры и Марса относятся как 1:2:4.

Важно, что приблизительно такое соотношение размеров орбит наблюдается в действительности. Отсюда с большой степенью вероятности следует, что Архимед считал эти планеты гелиоцентрическими, благодаря чему смог правильно определить относительные размеры их орбит. Сравнение полученных величин орбит Меркурия, Венеры и Марса с действительными дает следующие результаты: Относительный радиус орбиты Меркурия всего на 8% меньше средней действительной величины, Венеры – соответствует действительной, а Марса меньше действительной на 5,5%.

Для нахождения радиусов орбит Меркурия и Венеры Архимед воспользовался простейшим геометрическим построением, отраженным в соотношении (2). Для определения радиуса орбиты Марса, который может при движении по эклиптике находиться на любом угловом расстоянии от

Солнца, требовалась другая методика. Впрочем, и эта задача могла быть решена с помощью несложного геометрического построения, например, исходя из схемы показанной на рис.26. Если считать, что планета обрaщается равномерно по круговой орбите, то доля пройденной ею дуги орбиты пропорциональна отношению затраченного на это времени к синодическому периоду ее обращения. Измерив время, за которое планета проходит путь между квадратурой и противостоянием (то есть дугу SP) и поделив его на период обращения, получим величину угла GCS прямоугольного треугольника, вершины которого составляют Земля, Солнце и планета. Большим катетом этого треугольника будет расстояние Земля-Солнце A , а гипотенузой искомый радиус планетной орбиты.

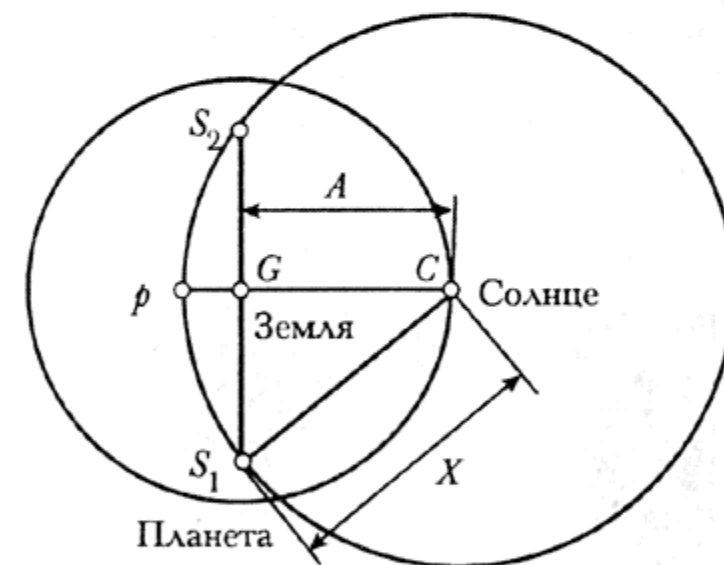


Рис.26. Возможная схема определения радиуса орбиты Марса. Обозначения: GC – расстояние Земля-Солнце, X – искомый радиус орбиты Марса s – точки квадратур, p – точка противостояния

Трудно сказать почему, решив задачу определения радиуса орбиты Марса, Архимед не применил ту же методику и для измерения размеров орбит Юпитера и Сатурна, имеющих аналогичный характер движения. Приводимые Ипполитом радиусы их орбит чрезвычайно занижены, а интервал «от Сатурна до зодиака», как говорилось, указывает на обращение этих планет вокруг Земли. Архимед не мог не знать о попятных движениях Юпитера и Сатурна, известных еще Евдоксу. Видимо, для этих планет он должен был сохранить кинематику гипсoped. Не исключено, что их видимые траектории еще были мало изучены, и ученый с недоверием отнесся к их трактовке Аристархом. Это могло относиться и к Марсу.

Таким образом не имеется прямых доказательств того, что Архимед считал Марс гелиоцентрической планетой. Однако в пользу этого, кроме близости радиуса его орбиты действительным пропорциям Солнечной системы, говорит интервал e «до круга Марса» равный $2M$. Он по величине отличается от всех других, относящихся к планетам интервалов, которые равны одному модулю. Эта выделенность Марса, возможно, связана с тем, что радиус его орбиты определялся иначе, чем радиусы орбит Юпитера и Сатурна.

Радиусы орбит этих планет можно найти среди чисел группы В, где перечислены 6 расстояний от Земли до светил в порядке убывания размеров. При этом для Сатурна, Юпитера и Марса указаны расстояния от орбит, а у Солнца, Меркурия и Венеры непосредственно от светил. Такие наименования расстояний до Венеры и Меркурия понятны, поскольку речь шла о расстоянии до планет в особых точках орбиты (в наибольшей элонгации). Расстояние до Солнца также играло непосредственную роль при определении радиусов их орбит.

Текст дает расстояния от орбит Сатурна, Юпитера Марса и Солнца k , l , m и n , которые можно считать равными соответственно $11M$ (2 исправления), $10M$ (2 исправления), $9M$ (3 исправления) и $7M$ или $6M$ (в первом случае 4 исправления, во втором 5). Как говорилось, приведенное здесь расстояние от Солнца противоречит вычисленному по интервалам и не может принадлежать первоначальному тексту, то же относится и к расстоянию до Земли от орбиты Марса.

Что касается расстояния до Земли от орбиты Сатурна, то его можно признать верным, поскольку от него ведется отчет прочих расстояний. Интервал «от орбиты Сатурна до

зодиака», как говорилось, равен модулю, таким образом расстояние от неба звезд до Земли составит $12M$, а поперечник Вселенной окажется равным $24M$. Это соответствует античной традиции, в которой диаметр крайней сферы мира считался по отношению к его элементам кратным 6. Как говорилось, этому правилу следовали Анаксимандр и Платон. Интервал между орбитами Сатурна и Юпитера также равен модулю, с этим согласуется радиус его орбиты равный $10M$. Система мира, подобная реконструированной системе мира Архимеда показана на рис.27.

Первоначальный текст

Противоречия в группе сохранных Ипполитом величин, отмеченные еще первыми исследователями, говорят о сложной истории текста. Очевидно существовали «толкователи», не знавшие о структуре системы мира, к которой он относится, и пытавшиеся навести в величинах «порядок».

Это подтверждает следующая деталь: Замечено, что в последних рядах величин расстояний до Земли от Сатурна, Юпитера и Марса – чисел k , l и m , которые можно считать равными соответственно $11M$, $10M$ и $9M$ имеется систематическая ошибка – все они на 4 стадии меньше расчетных величин. Отсюда следует, что они были получены не умножением на модуль, а суммированием с интервалами f и g равными модулю. При этом ошибка, имевшаяся в одном из них распространилась на два других. Однако, если бы расчет вел человек, знавший о кратности чисел модулю, он непременно заметил бы ошибку в числе $l = 10M$.

Вероятно, источником величин была восходящая к Архимеду сводка космических расстояний, полностью описывавших его систему мира.

Предположительно сводка могла выглядеть так (в круглых скобках даны восстановленные величины, в квадратных обозначения. Цифры, расходящиеся с текстом, выделены):

0.[Z]	Радиус Земли	(9,0688)
1.[a]	От поверхности Земли до Луны	554,4130
2.[d]	От круга Луны до круга Солнца	5081,6595
3.[c]	От него (Солнца) до круга Меркурия	2027,2065
4.[b]	От него (круга Меркурия) до круга Венеры	2027,2065
5.[e]	От него (круга Венеры) до круга Марса	4054,4130
6.[l]	От круга Юпитера до Земли	20272,0650
7.[g]	От него (круга Юпитера) до круга Сатурна	2027,2065
8.[h]	От него (круга Сатурна) до зодиака	2027,2065
9.[A]	От Солнца до Земли	(5645,1013)
10.[p]	От Меркурия (в макс. элонгации) до Земли	5268,8259
11.[r]	От Венеры (в макс. элонгации) до Земли	(3327,5851)

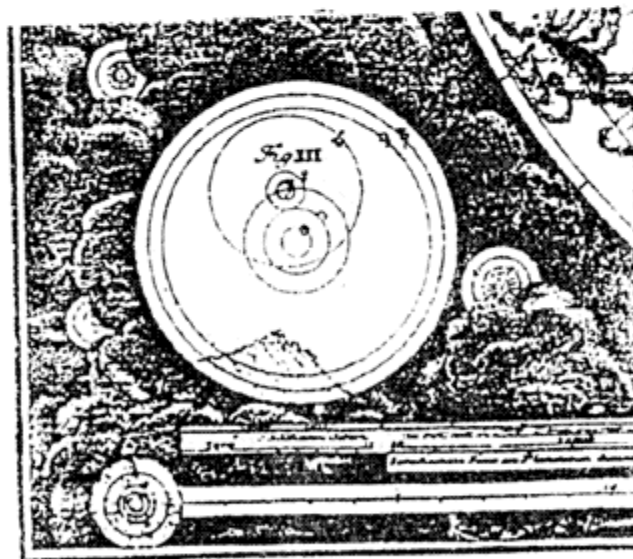


Рис.27. Система мира с обращением вокруг Солнца Меркурия, Венеры и Марса, подобная реконструированной системе мира Архимеда. Фрагмент гравюры из книги «Biblia sacra», 1723 г.

Таким образом первоначальный текст мог содержать и интервалы между орбитами и расстояния до орбит и небесных тел. При этом в начале списка Солнце помещалось до Меркурия и Венеры, что соответствует традиции Платона. Гипотетический толкователь, считавший, что данные относятся к геоцентрической системе и признававший «Птолемеевский» порядок светил, поменял местами строки 2 и 4 (расстояния до Солнца и Меркурия). Не исключено, что позже, Ипполит, которого интересовали только интервалы, расположил их наименования в «правильном платоновском» порядке – (4,3,2), но забыл поменять местами величины. Так величина интервала между орбитами Луны и Солнца могла оказаться против наименования «до круга Меркурия». По логике вещей список должен был открывать Архимедов радиус Земли, но он, к сожалению, до нас не дошел (возможно, был отвергнут толкователем как ошибочный).

Вернемся к первому толкователю. Повидимому, он ввел после строки 5 интервал f между орбитами Марса и Юпитера, сочтя его по аналогии с числами c , b и h равным модулю. Так мог быть сформирован перечень интервалов. Остались радиусы орбит Юпитера и Солнца, и расстояния до Земли от Меркурия и Венеры в максимальных элонгациях. Толкователь вычислил «недостающие» расстояния от Сатурна и Марса, воспользовавшись радиусом орбиты Юпитера и интервалами f и h . Так мог появиться ряд радиусов орбит Сатурна, Юпитера и Марса равных соответственно 11М, 10М и 9М. Дальше требовалось поместить расстояние «от Солнца», которое у Архимеда составляет всего 2,7М и лишь ненамного больше расстояний до нижних планет. Толкователь увидел здесь ошибку и вычислил «правильное», вычтя из радиуса орбиты Марса «двойной» интервал e . Так могло появиться число n равное 7М. Расстояния до Меркурия и Венеры, он к счастью не тронул. Венера сохранила последнее место в списке, поскольку в элонгации находится ближе к Земле, чем Меркурий. Число i – «периметр зодиака» могло принадлежать и Архимеду и толкователю, (его принадлежность можно было бы определить по величине использованного числа «пи»), но оно настолько искажено, что о нем нельзя сказать ничего определенного.

Такой, предположительно, могла быть история дошедшего до нас текста Ипполита.

Наблюдения светил

Полученные Архимедом близкие к действительным относительные величины космических расстояний не могли быть получены без астрономических наблюдений. Как говорилось, первоначально, до внесения уточнений, расстояние до Луны принималось равным 5000/9 мириад стадий, а радиус орбиты Меркурия 2000. Требуется объяснить, как при решении треугольника по заданной стороне и углу, искомая сторона могла оказаться круглым числом? Ответ, видимо, кроется в использовании Архимедом инструментов, основанных на геометрическом подобии способа измерения способом решения задачи.

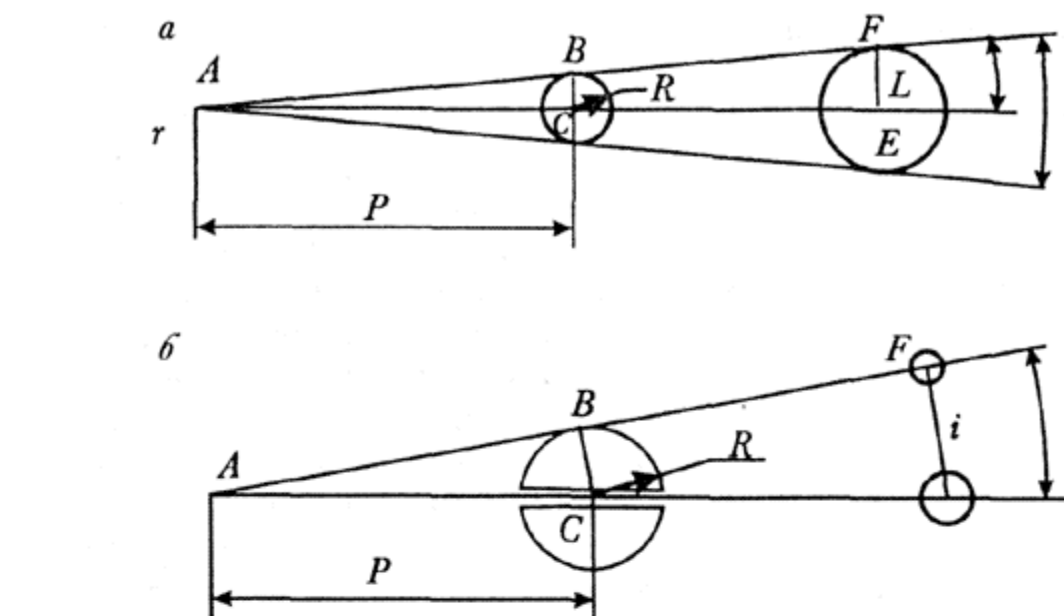


Рис.28. Схемы приборов для измерения углов. Обозначения: а – прибор для измерения видимого поперечника Солнца, описанный в «Псаммите», б – возможная схема аналогичного прибора для измерения элонгации планет. Обозначения: P – рабочая длина линейки, R – радиус измерительного элемента, l – искомый угол

Инструмент, основанный на этом принципе, описан Архимедом в «Псаммите». Он состоял из горизонтальной линейки, по которой мог перемещаться небольшой цилиндр, поставленный на торец. Наблюдатель наводил линейку на диск восходящего Солнца и двигал по ней цилиндр так, чтобы он либо полностью закрывал Солнце, либо оставлял его видимые края. По линейке велся отсчет наибольшей и наименьшей величины, между которыми лежала искомая. Применительно к нашей задаче подобным прибором можно было измерить угловой поперечник Луны, чтобы по его заданному размеру найти расстояние до светила.

Схема прибора показана на рис.28а. Поскольку в качестве измерительного элемента использовался цилиндр, лучи зрения оказывались касательными к нему и наблюдаемому небесному телу. Это позволяло выделить подобные треугольники ABC и AFE . Здесь AE – расстояние до Луны (H), AC – рабочая длина линейки (P), FE – радиус Луны (L), а BC – радиус измерительного элемента (R). Из подобия треугольников следует:

$$AE/AC = BC/FE \text{ или } H/P = L/R.$$

Отсюда:

$$H = LP/R \tag{11}$$

$$R/P = \sin \lambda,$$

где λ – половина угла между лучами зрения, но в явном виде он в расчете не присутствует. Для того, чтобы получить расстояние H в 5000/9 мириад стадий при радиусе Луны $L = 0,1S = 2,7206$, требуется отношение длины

линейки к диаметру цилиндра $1/102$, то есть при его диаметре в 1 см длина линейки составляла немногим больше метра.

Для измерения угла между нижней планетой и краем Солнца годился инструмент, основанный на том же принципе, но несколько другого устройства (рис.28б). Он мог быть оформлен в виде поворотной линейки с надетым на нее измерительным элементом в виде шара (или его части). Для измерения линейку следовало направить на точку горизонта, где должно было появиться Солнце и, визируя от начала линейки, двигать шар, до совмещения края шара с планетой. При появлении над горизонтом края солнечного диска отмечалось положение шара на линейке.

Этот способ годился прежде всего для определения радиуса орбиты Венеры, которую при ясной погоде люди с сильным зрением могут видеть даже днем. Но Меркурий исчезал в лучах зари за несколько минут до восхода, и, видимо, здесь требовалось измерить время от прекращения его видимости до появления края Солнца, вычислить долю окружности, на которую повернулся небосвод, и внести в результаты соответствующую поправку. Мы не знаем как Архимед решал эту задачу, но соотношение (3) показывает, что он ее решил.

Для получения радиуса Меркурия в 2000, при принятом предварительном расстоянии до Солнца $50000/9$ мириад стадий, требовалось, чтобы отношение радиуса шара к рабочей длине линейки составило $9/25$. Для Венеры была, очевидно, получена вдвое большая величина – $18/25$.

Возможная процедура вычислений

Проведенный анализ сохранных Ипполитом величин дает возможность предположительно реконструировать процедуру определения Архимедом космических расстояний, которая приводится ниже. Она должна была содержать ряд этапов: 1) получение исходных величин, 2) предварительные расчеты и 3) нахождение окончательных результатов, путем внесения поправок. В квадратных скобках обозначения действий, в которых получены участвующие в расчетах величины.

1. Исходные данные. Две величины, повидимому, были заданы. Это: а) периметр земного экватора в 57 мириад стадий и б) отношение расстояний до Солнца и Луны $N = A / H = 10$.

Ряд данных был получен на основе наблюдений: в) – отношение радиуса земной тени на Луне к радиусу Луны $K = Z / S = 8 / 3 = 2,66\dots$; г) «синус» угла, под которым с Земли виден радиус Луны, равный $1/204$ д, е) «синусы» углов, под которыми видно расстояние от Меркурия и Венеры в моменты максимальных элонгаций с отсчетом от края восходящего Солнца, соответственно $9/25$ и $18/25$; и, возможно, время, за которое Марс совершает путь между квадратурой и противостоянием.

2. Предварительные определения. ж) Радиус Земли Z . Для этой цели Архимед воспользовался приближенным значением числа «пи», равным $22/7$. $Z = 57 \cdot 7 / 2 \cdot 22 = 399 / 44 = 90681,8$ стадий [а].

з) Радиус Солнца S . Из анализа лунного затмения было получено соотношение (10):

$$K = Z/S(N+1) - 1,$$

откуда

$$Z \cdot (N+1)/(K+1) = Z \cdot 11 \cdot 3/11 = 3Z;$$

$$S = 3 \cdot 399/44 = 1197/44 = 27204,5$$

принято значение 272065 стадий.

Принятое число настолько похоже на расчетное, что наводит на подозрение о наличии описки, вкравшейся в эту величину в самом начале вычислений (вместо буквы «дельта» мог быть поставлен очень похожий на нее знак «стигма») [б,ж].

и) Радиус Луны L . Поскольку видимые радиусы Луны и Солнца близки, (что демонстрируют полные солнечные затмения), а отношение расстояний до светил было принято равным 10, радиус Луны $L = S / N = 272065 / 10 = 27206,5$ стадий [б,и].

к) Предварительное расстояние от поверхности Земли до Луны a' . Оно вычисляется по измеренному «синусу» угла, под которым виден радиус Луны ($1/204$) и величине ее радиуса. $a' = L \cdot 104 = 2,7206 \cdot 204 = 555,0024$ мириад стадий; округлено до $5000 / 9 = 555,5\dots$ [в,и].

л) Предварительное расстояние от Земли до Солнца A' . $A' = N \cdot a' = 10a' = 50000 / 9 = 5555,5\dots$ мириад стадий [б,л].

м) Расстояние от поверхности Солнца до Меркурия c' . Получается умножением предварительного расстояния Земля-Солнце на «синус» угла видимого удаления Меркурия в максимальной элонгации от края восходящего Солнца ($9/25$). $c' = 50000 / 9 \cdot 9 / 25 = 2000$ мириад стадий [г,л].

н) Расстояние от поверхности Солнца до Венеры. Получается умножением предварительного расстояния Земля-Солнце на «синус» угла видимого удаления Венеры в максимальной элонгации от края восходящего Солнца ($18/25$). $50000 / 9 \cdot 18 / 25 = 4000$ мириад стадий [д,л].

о) Возможно, предварительный радиус гелиоцентрической орбиты Марса. Он мог быть получен, например, из времени прохождения планеты между квадратурой и противостоянием и ее периода обращения. Был принят равным 8000 мириад стадий [м,и].

п) Была установлена кратность радиусов трех планетных орбит (радиусы орбит Меркурия, Венеры и Марса относятся, как 1:2:4). Радиус орбиты Меркурия, как наименьший, был принят за меру, которой должны быть кратны радиусы всех планетных орбит. Из неизвестных нам соображений радиусы орбит Юпитера и Сатурна были приняты равными соответственно 10 и 11, а сферы звезд 12 радиусов орбиты Меркурия [м,н,о].

3. Получение окончательных результатов. Этот этап состоял во внесении поправок в полученные ранее величины.

р) Радиусы орбиты Меркурия и других планет. Наименьшая планетная орбита (Меркурия) получается при добавлении к найденному прежде расстоянию радиуса Солнца. $c = M = c' + S = 2027,2065$ мириад стадий. Остальные, кратные ей, вычисляются ее умножением на соответствующий коэффициент [ц, р].

с) Интервал между орбитами Луны и Солнца d . Как свидетельствует соотношения (7,8), расстояние до Солнца складывалось из входящих в него интервалов, включающих d . Интервал $d = 5000 / 9 \times 9 + 9Z = 5000 + 81,6195 = 5081,6195$ [ж, к].

т) Уточнение расстояния от поверхности Земли до Луны b . Предварительное расстояние b , полученное на основе наблюдений, составляло $5000/9$, или $555,5...$ мириад стадий. Однако текст дает величину $554,4130$.

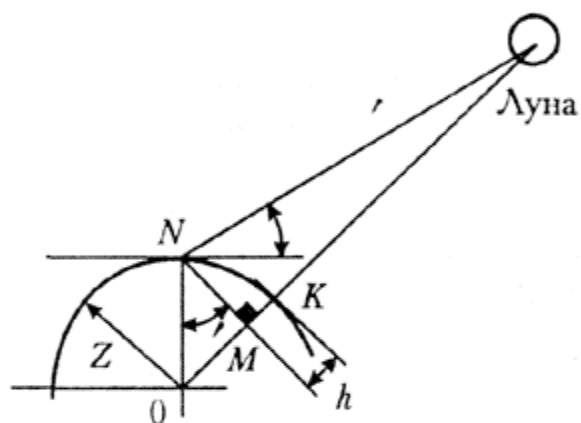


Рис.29. Уточнение расстояния до Луны; учет ее высоты над горизонтом в момент наблюдения. Обозначения: a, a' – расстояния от поверхности Земли до Луны, N – место наблюдения, b – высота Луны над горизонтом, K – место, где в момент наблюдения Луна видна в зените, h – высота дуги, стягивающей точки N и K

Возможно, разница в одну с небольшим мириаду стадий связана с учетом условий наблюдения. Луна на широте Сиракуз не наблюдается в зените, и расстояние до нее всегда несколько больше кратчайшего (рис.29). Опустим из точки наблюдения N перпендикуляр NM на линию, соединяющую центры Земли и Луны. Ясно, что разность наблюдаемого и наикратчайшего расстояний будет близка к высоте дуги, стягивающей место наблюдения с местом, где Луна видна в зените. Величина, которая привела бы число мириад стадий в соответствие с текстом, получается при высоте Луны над горизонтом от $45^\circ 30'$ до 67° , что соответствует условиям ее наблюдения в Сиракузах. Поскольку угол, под

которым наблюдалась Луна неизвестен, а единицы стадий этого числа ненадежны, принимаем величину, которую дает текст $b = 554,4130$ [ж, к].

у) Радиус орбиты Солнца A . Расстояние Земля – Солнце, подтвержденное соотношением (3), находится как сумма радиуса Земли Z , расстояния от поверхности Земли до Луны b и интервала d . $A = Z + a + d = 9,0688 + 554,4130 + 5081,6130 = 5645,1013$ [ж, к, т].

ф, х) Расстояния до Меркурия и Венеры в моменты максимальных элонгаций (p, r), видимо были вычислены по теореме Пифагора.

Основные итоги

Частично геогелиоцентрическую систему мира Архимеда можно рассматривать как один из ответов на появившиеся данные о несоответствии наблюдений предсказаниям теории Евдокса-Каллиппа. Возможно,

ученый предложил ее, стремясь спасти физику Аристотеля, опиравшуюся на орфическую традицию. При этом, следуя Аристарху, он произвел новое «измерение Вселенной». При этом Архимед открыл закономерности соотношений орбит трех планет, с высокой точностью определил ряд параметров системы Земля-Луна-Солнце.

Анализ сохранившейся Ипполитом группы величин позволяет предполагать существование утраченного или неопубликованного труда Архимеда, посвященного структуре Вселенной и определению размеров ее частей. Он должен был включать обоснование выбранной системы мира, выбор исходных параметров, описание наблюдений: Луны, земной тени на Луне, Меркурия, Венеры, возможно Марса, вычисление размеров орбит светил и интервалов между ними, установление закономерностей между величинами и внесение в них уточняющих поправок. Повидимому многие из решенных при этом задач, прежде всего определение расстояний до планет, были новаторскими. Но именно постановка и рассмотрение сложных, часто связанных с реальностью задач, характерны для Архимеда.

Основные конкретные результаты работы сводятся к следующему:

1. Показано, что сохранившиеся Ипполитом величины относятся к частично гелиоцентрической системе мира с обращением вокруг Солнца Меркурия, Венеры и, вероятно, Марса. По отношению к Меркурию об этом свидетельствует обнаружение прямоугольного треугольника, составленного из расстояний от Земли до Солнца, предположительного радиуса орбиты Меркурия и расстояния «от Меркурия до Земли», имеющегося в тексте. Этот треугольник истолкован, как указание на метод определения на основе наблюдений гелиоцентрической орбиты Меркурия.

2. Определенные по имеющимся в тексте интервалам радиусы орбит Венеры и Марса (кратные орбите Меркурия) находятся с ним в отношении $1:2:4$, которое приблизительно соответствует действительности.

3. Из расстояния Земля-Солнце, в которую входит архимедов радиус Земли, вычислена его величина. Радиус Земли оказался втрое меньше солнечного. Возможно он получен из принятого ученым периметра Земли, равного 57 мириадам стадий. (При вычислении использовалась величина числа « π » = $22/7$, использованная Архимедом в «Псаммите»).

4. Проведенный на основе полученных величин анализ системы Земля-Луна-Солнце показал, что отношение расстояний до Луны и Солнца принималось равным 10 . Это объясняет структуру интервала «От круга Луны до круга Солнца», состоящего из грубой его оценки в 5000 мириад стадий и поправки на 9 радиусов Земли (равной 3 радиусам Солнца).

5. Исследование параметров лунного затмения показало, что Архимед пользовался отношением размера земной тени на Луне к размеру лунного диска равным $8/3 = 2,66$, которое соответствует действительности и лучше других известных античных оценок.

6. Двухкомпонентная структура величин, обнаруженная П.Таннери, истолкована как сумма предварительной грубой оценки расстояний и

уточняющих поправок на радиус Солнца. Поправка может быть связана с измерением величины наибольшей элонгации нижней планеты в момент появления над горизонтом края солнечного диска. Так вычленяется принятый Архимедом радиус Солнца равный 272065 стадий. Имеющий ту же структуру интервал между орбитами Луны и Солнца объясняется как введение поправки на 9 радиусов Земли.

7. Можно с большой степенью вероятности считать, что Архимед получил на основе наблюдений следующие величины (в скобках дано отклонение от средней действительной величины):

а) видимый угловой радиус Солнца	–	16'39" (3,9%)
б) отношение радиуса земной тени на Луне к радиусу лунного диска	–	8/3 или 2,66 (0,7%)
в) расстояние до Луны в земных радиусах	–	62,1 (3,4%)
г) относительный радиус орбиты Меркурия	–	0,36 (8,3%)
д) относительный радиус орбиты Венеры	–	0,72 (0%)
е) относительный радиус орбиты Марса	–	1,44 (5,5%)

Глава 10

АРХИМЕДОВ НЕБЕСНЫЙ ГЛОБУС

Опыт реконструкции

Механический небесный глобус Архимеда был одним из шедевров античной техники. Александрийский ученый Папп написал, что только это свое изобретение Архимед посчитал достойным описания и посвятил ему сочинение «Об устройстве небесного глобуса». Об этой книге упоминает и Прокл, говоря: «Устройство небесной сферы, воспроизводящей круговращения небесных тел, книгу о котором сочинил также Архимед» [Архимед, 1962, с.370]. Возможно, в этой не дошедшей до нас книге, кроме механических вопросов рассматривались и астрономические, во всяком случае рассмотренную в предыдущей главе сводку космических расстояний принято связывать с этой работой ученого. После захвата в ходе Второй пунической войны Сиракуз римлянами в 212 г. до н.э., глобус был вывезен в Рим Марком Марцеллом и пользовался большой славой. О нем сохранились три упоминания, последнее из которых принадлежит поэту Клавдиану, посвятившему сфере Архимеда небольшое стихотворение в V в. н.э., незадолго до захвата Рима готами.

Сохранившихся данных сравнительно мало, и на первый взгляд реконструкция по ним устройства древнего прибора вряд ли возможна. Но оказывается источники дают достаточно сведений о его демонстрационных возможностях и могут послужить своего рода «техническим заданием» на эту конструкцию. Мысленно поставив себя на место ученого, который ищет средства для осуществления своего замысла, можно с какой-то степенью достоверности судить об устройстве его глобуса.

Может показаться, что сделанная таким образом реконструкция окажется абсолютно произвольной, но это не так. Люди, имевшие дело с конструированием, знают насколько детерминированы конструкторские решения, как невелико количество приемлемых вариантов решения каждой конкретной задачи, какие ограничения накладывает необходимость разместить в заданном объеме и закрепить части механизмов, чтобы они не мешали друг другу.

Для уменьшения риска произвольного выбора решений, в настоящей работе для каждого случая рассматривался ряд альтернативных вариантов отдельных элементов глобуса и из них выбирались наиболее вероятные с учетом уровня античной техники. Думается, что такая «конструкторская разведка» полезна и позволяет составить общее представление об этом выдающемся произведении великого ученого.

Данные источников

Сообщения о глобусе Архимеда опубликованы И.Н.Веселовским и приведены во вступительной статье к переводу сочинений ученого [Архимед 1962, с.40 – 43]. Наиболее старым (51 г. до н.э.) и подробным является упоминание римского оратора Цицерона, описавшего глобус в диалоге «О государстве». Следующее достаточно информативное сообщение принадлежит христианскому писателю III в. Лактанцию, и, наконец, в V в. стихи о нем написал Клавдиан. Рассмотрим содержание источников с точки зрения возможностей и особенностей устройства прибора.

Сообщение Цицерона. В начале диалога «О государстве» идет речь о небесных знамениях, в частности о затмениях Луны и Солнца, и один из собеседников, Гай Фурий Фил, желая дать научное объяснение этих явлений рассказывает:

«Ведь я помню как Гай Сульпиций Галл, ученейший человек, как вы знаете, когда была речь о таком же наблюдении, а он случайно был в доме у Марка Марцелла, который вместе с ним когда-то был консулом, велел принести сферу, которую дед Марка Марцелла, завоевав Сиракузы, вывез из этого богатейшего и роскошно украшенного города, в то же время не доставив оттуда в свой дом ни одного другого предмета из столь значительной военной добычи.

Хотя я очень часто слышал рассказы об этой сфере, так как с ней было связано славное имя Архимеда, сама она не особенно нравилась мне; более красива и более известна в народе была другая сфера, созданная этим же Архимедом, которую тот же Марцелл отдал в храм доблести. Но когда Галл начал с большим знанием дела объяснять нам устройство этого прибора, я пришел к заключению, что сицилиец обладал дарованием большим, чем то, каким может обладать человек. Ибо Галл сказал, что та другая сплошная сфера без пустот была изобретена давно и что такую сферу впервые выточил Фалес Милетский, а затем Евдокс Книдский, по его словам, ученик Платона, начертал на ней положение созвездий и звезд, расположенных на небе; что спустя много лет Арат, руководствуясь не знанием астрологии, а, так сказать, поэтическим дарованием, воспел в стихах все устройство сферы и положение светил на ней, взятое им у Евдокса.

Но, – сказал Галл, – такая сфера, на которой были бы представлены движения Солнца, Луны и пяти звезд, называемых странствующими и блуждающими, не могла быть создана в виде сплошного тела; изобретение Архимеда изумительно именно тем, что он придумал каким образом, при несходных движениях во время одного оборота сохранить неодинаковые и различные пути. Когда Галл приводил эту сферу в движение, происходило так, что на этом шаре из бронзы, Луна сменяла Солнце в течение стольких же оборотов, во сколько дней она сменяла его на самом небе, вследствие чего и на небе сферы происходило такое же затмение Солнца, и Луна вступала в ту же мету, где была тень Земли...»

[Цицерон, 1966, с.14 – 15]

Цицерон упоминает о двух глобусах Архимеда, что вызывает сомнения. Возможно, он ввел второй из литературных соображений, например,

чтобы описать суть затмений, которые настоящий глобус не показывал. Если, как это следует из текста, «сфера храма Доблести» была обычным звездным глобусом, то где тогда могли ознакомиться с механическим глобусом авторы последующих сообщений? Тон рассказа и его подобность показывают, что Цицерон видел его. Поэтому скорее всего прибор все же хранился в общественном месте (вероятно в храме Доблести), и здесь оратор допустил вольность.

Из этого основного сообщения можно выделить следующие данные:

а) Глобус представлял собой не модель планетной системы, а демонстрационный прибор, изображавший видимые движения светил.

б) Основой прибора служил звездный глобус. На это прямо указывают слова о «шаре из бронзы».

в) Прибор был металлическим и пустотелым (не сплошным).

г) Относительно глобуса перемещались макеты Солнца, Луны и пяти известных тогда планет, причем их движение было кинематически связано с его вращением.

д) Глобус был переносным. Текст сообщает, что Марцелл «велел принести сферу».

е) Он приводился вручную одним человеком: «Когда Галл приводил эту сферу движение,...»

Оставшиеся два упоминания подтверждают сообщение Цицерона и дополняют его несколькими деталями.

Сообщение Лактанция:

«Я вас спрашиваю, ведь мог же сицилиец Архимед воспроизвести облик и подобие мира в выпуклой округлости меди, где он так разместил и поставил Солнце и Луну, что они как будто совершали каждодневные неравные движения и воспроизводили небесные вращения, он мог не только показать восход и заход Солнца, рост и убывание Луны, но сделать так, чтобы при вращении этой сферической поверхности можно было видеть различные течения планет; так неужели Бог не мог воспроизвести и сотворить натуральные вещи, подобия которых мог сделать человек своим искусством и хитростью?»

[там же, с.43].

Сообщение Клавдиана. Стихи, написанные в V в., не оставляют сомнений в том, что поэт видел глобус в действии (через шесть веков после его создания!):

«Неба устав, законы богов, гармонию мира –
Все Сиракузский старик мудро на землю принес
Воздух, скрытый внутри, различные движет светила,
Точно по дивным путям, сделав творенье живым.
Ложный бежит зодиак, назначенный ход выполняя,
Лик поддельный Луны вновь каждый месяц идет.
Смелым искусством гордясь, свой мир приводя во вращенье,
Звездами вышних небес правит умом человек»

[там же].

Дополнительные данные этих сообщений сводятся к следующему:

ж) Глобус был помещен в кольцо, изображавшего горизонт. Об этом прямо говорит Лактанций: «(Архимед мог) показать восход и заход Солнца»

з) Глобус демонстрировал фазы Луны. Об этом также пишет Лактанций.

и) В механизмах глобуса применялся пневматический привод. Так можно истолковать слова Клавдиана: «Воздух, скрытый внутри, различные движет светила».

к) Движения макетов светил, как упоминает и Цицерон, были кинематически связаны с «суточным» вращением глобуса.

Таким образом, «Сфера Архимеда» представляла собой звездный глобус, закрепленный на оси, проходящей через полюса мира, внутри круга, изображавшего горизонт. Относительно глобуса вдоль эклиптики могли перемещаться модели Солнца, Луны и планет, которые повторяли видимые движения светил относительно звезд. Демонстрировались также фазы Луны. Глобус был не слишком большим и изготовленным в основном из металла. Его конструкция была настолько совершенной, что прибор сохранился в рабочем состоянии в течении 650 лет после создания.

Общая компоновка глобуса

Обычный звездный глобус представляет собой род звездной карты нанесенной на сферу, которая позволяет показывать вид звездного неба в определенное время. Архимед решил задачу демонстрации на ней и движений относительно звезд Солнца, Луны и планет. Это потребовало усложнения конструкции. На рис.30 изображены возможные компоновочные решения прибора.

Вариант 1 (со сплошной сферой). На полюсах соосных с осью мира закреплено кольцо, несущее ось эклиптики. Звездный глобус жестко крепится к ней, причем с обеих сторон от него остаются свободные концы оси. На концы оси надеты опоры колец, несущих макеты светил.

Эта схема компоновки не может считаться вероятной, поскольку противоречит указанию Цицерона о том, что сфера не была сплошной.

Вариант 2 («разрезанная» сфера). Схема аналогична предыдущей, но звездный глобус разделен по эклиптике на два полушария. На участке оси эклиптики, находящейся внутри глобуса, помещены опоры держателей макетов светил, которые через образовавшуюся щель выходят наружу.

Схема представляется возможной, так как соответствует тексту Цицерона, но, как и предыдущая, имеет серьезный недостаток: Наружное расположение макетов светил не исключает их случайных поломок, что противоречит удивительной долговечности прибора.

Вариант 3 (сфера с «окнами»). На оси мира закреплен звездный глобус, имеющий вдоль эклиптики ряд окон, через которые можно наблюдать макеты светил, перемещающихся внутри глобуса. Именно так были сделаны астрономические часы, созданные в середине XIV в. итальянским механиком Джуанело Турриано (подобнее об этом в конце статьи).

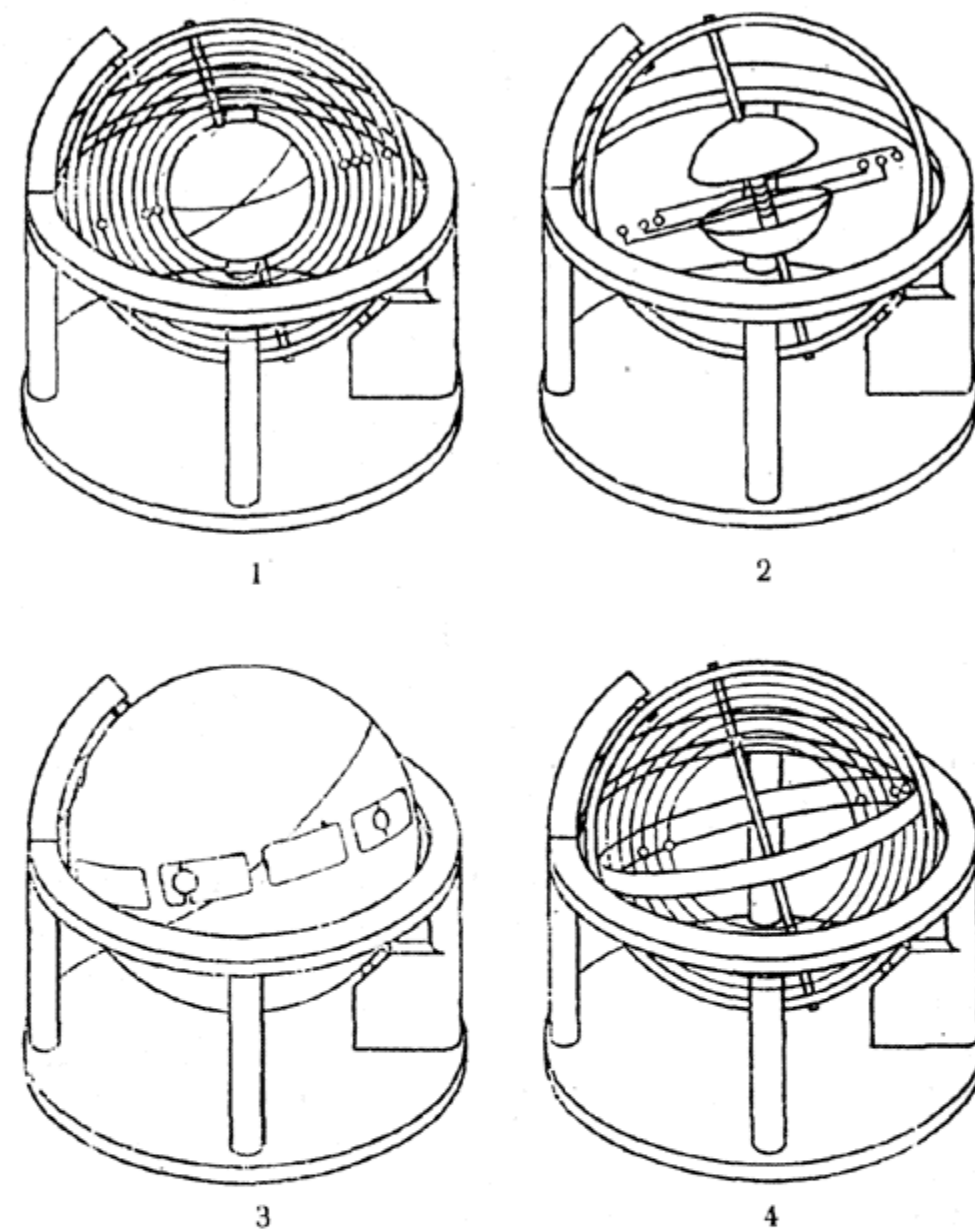


Рис.30. Варианты компоновок механического глобуса.
1 – со сплошной сферой, 2 – с «разрезанной» сферой,
3 – сфера с «окнами», 4 – со схематической сферой

Этот вариант представляется наиболее вероятным. Сфера получается крупной, с небольшим зазором входящей в кольцо горизонта, макеты светил хорошо защищены поверхностью сферы. В пользу этого варианта имеется и косвенное подтверждение. Авторы источников отзываются о глобусе Архимеда как о чрезвычайно сложном механизме, хотя, как мы увидим, он вероятно не был слишком «напичкан» механизмами. Однако зрителям, видевшим через окошки в глобусе лишь их отдельные звенья, могло казаться, что они заполняют всю внутренность шара.

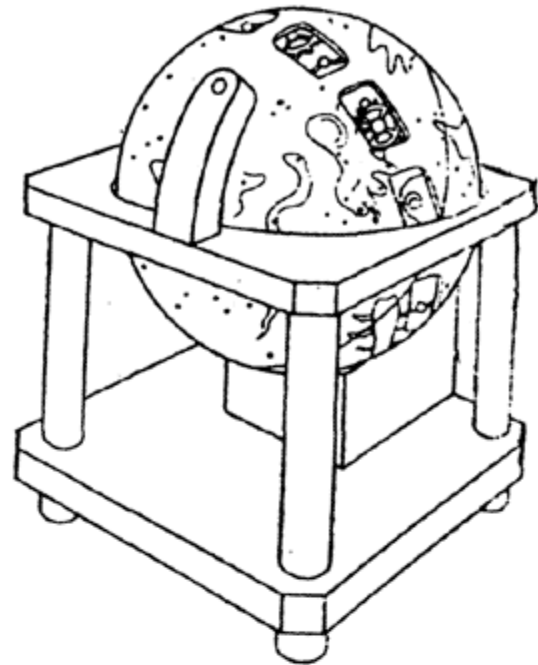


Рис.31. Вероятный вид глобуса Архимеда

Вариант 4 (со схематической сферой). В основном повторяет предыдущий, но звездный глобус здесь заменен кольцами, изображающими главные небесные круги. Такие демонстрационные «армилярные сферы» получившие распространение в XVIII в., часто имели внутри механизм для показа движения планет. Правда, в отличие от глобуса Архимеда, там обычно помещалась модель Солнечной системы с гелиоцентрическим расположением планет [Майстров, 1968, с.53, 62, 63].

Данная схема противоречит словам Цицерона о «шаре из бронзы» и Лактанция о «сферической поверхности». Таким образом наиболее вероятным остается вариант 3. Возможный вид глобуса Архимеда с этой компоновкой показан на рис.31.

Механизмы движения планет

Есть основания предполагать, что глобус Архимеда мог демонстрировать сложные возвратные движения хотя бы некоторых планет. Так можно истолковать слова Цицерона об их «несхожих движениях» и «неодинаковых и различных путях». Представленный в предыдущей главе анализ сохранных Иполитом космических расстояний Архимеда показывает, что ученый достаточно точно определил радиусы орбит Меркурия, Венеры и Марса. Следовательно, видимые движения этих планет были ему хорошо известны. Это, возможно, не относилось к Юпитеру и Сатурну, орбиты которых ученый считал геоцентрическими. Механизм, для показа движений Марса годился и для этих планет, но возможно, поскольку у них возвратные движения невелики, на глобусе они двигались равномерно. Схемы ряда механизмов показаны на рис.32.

Вариант 1. (планеты на эпициклах). Это простейший вариант, который Архимед применил в своей системе мира для Меркурия и Венеры, для объяснения движений других планет его предложил математик Аполлоний Пергский, с которым Архимед состоял в переписке.

Механизм прост, но его применение в глобусе маловероятно, поскольку он имеет большие поперечные размеры. Это мешает наглядности и затрудняет размещение нескольких таких устройств в одной плоскости.

Вариант 2. (механизм со встречным вращением сфер). Такую кинематику движения планет, согласно реконструкции, Скиапарелли предложил в гипотезе «гомоцентрических сфер» Евдокс Книдский [Schiaparelli, 1877].

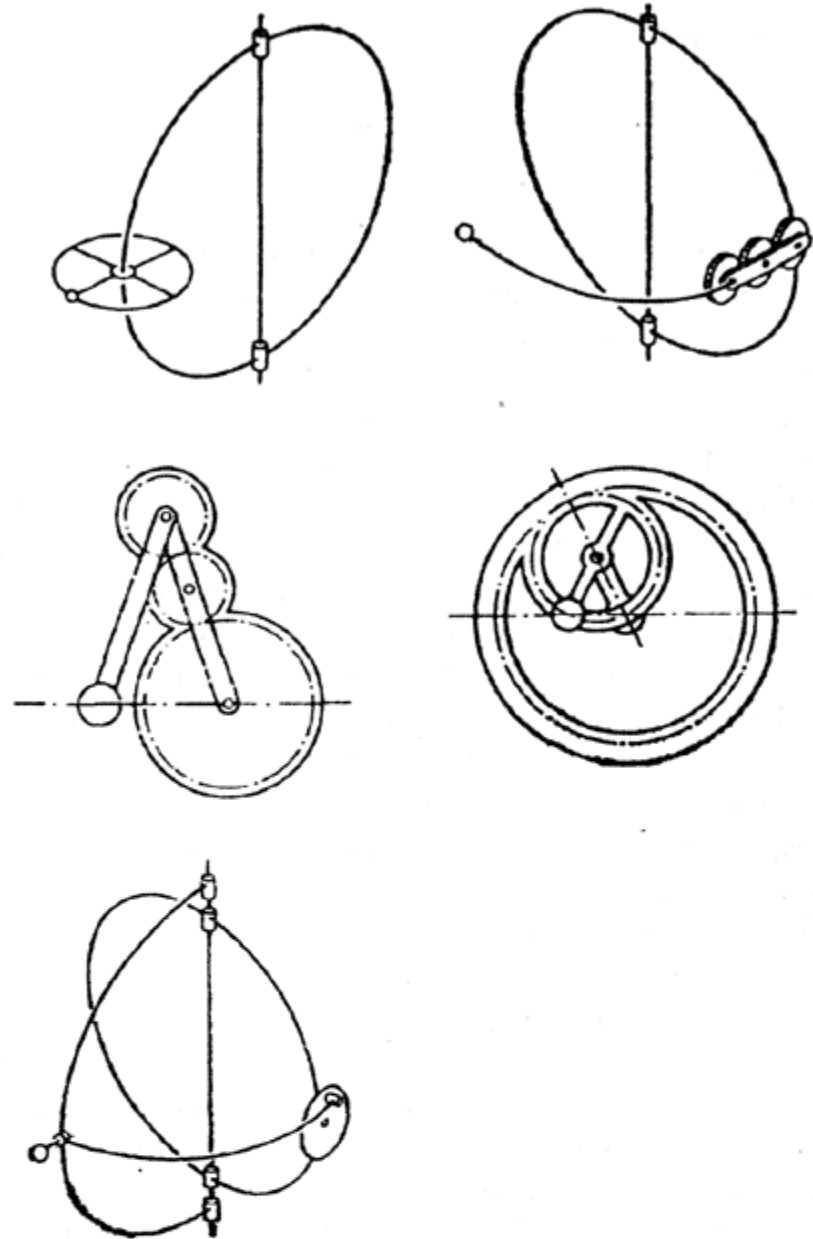


Рис.32. Варианты механизмов возвратных движений планет. 1 – планеты на эпициклах, 2 – механизм со встречным вращением сфер (кинематика Евдокса по Д.Скиапарелли), 3 – прямолинейно-направляющий механизм (кинематика Евдокса по И.Н.Веселовскому), 4 – вариант предыдущего механизма с внутренним зацеплением, 5 – кривошипно-шатунный механизм

Светило крепится на экваторе несущей сферы, ось которой закреплена на другой (ведущей) сфере под углом к ее оси. Если сферы вращать с одинаковой скоростью в разных направлениях, то светило будет описывать кривую, напоминающую вытянутую восьмерку (так называемую «гиппопеду»). Естественно, несущая сфера закреплена на основной, отвечающей за движение механизма вдоль эклиптики.

Конструктивно механизм можно выполнить в виде колец, связанных зубчатыми колесами, или в виде планетарной передачи. Солнечная шестерня жестко крепится к основной сфере, водило представляет собой дугу

несущей сферы, а держатель, на котором закреплен макет светила – дугу ведущей. Держатель закреплен на сателлите и связан с солнечной шестерней через промежуточную, чтобы обеспечить нужное направление вращения. Числа зубьев солнечной шестерни и сателлита одинаковы.

Механизм является плоским и компактным, но имеет большой нежелательный вылет держателя. Чтобы сделать его достаточно жестким требуется продублировать приводной механизм и поместить его на другой стороне основного кольца, причем синхронизировать приводы. Это приведет к существенному усложнению.

Вариант 3. (прямолинейно-направляющий механизм). Этот механизм, согласно гипотезе И.Н.Веселовского, также мог использовать в своей системе мира Евдокс. Здесь светило закреплено на рычаге, который шарнирно скреплен с кривошипом такой же длины. Рычаг и кривошип кинематически связаны так, что при повороте кривошипа на некоторый угол рычаг повернется относительно него на вдвое больший угол в том же направлении. В плоском механизме конец рычага при вращении кривошипа движется возвратно-поступательно по прямой, проходящей через центр кривошипа. В случае, если механизм будет выполнен сферическим, конец рычага также опишет вытянутую восьмерку, однако, в отличие от предыдущего варианта, светило пройдет по периферии кривой, не пересекая ее, а лишь касаясь в центре.

Конструктивно схема оформляется также в виде планетарного механизма с неподвижной солнечной шестерней. Кривошипом служит водило, рычаг с макетом светила на конце крепится к сателлиту, число зубьев которого вдвое меньше, чем у шестерни. Для сохранения направления вращения между шестерней и сателлитом введено паразитное колесо.

Вариант 4. (прямолинейно-направляющий механизм с внутренним зацеплением). Аналогичен предыдущему, но роль рычага здесь играет один из радиусов сателлита, который сцеплен с солнечной шестерней внутреннего зацепления.

Применение в глобусе таких достаточно простых и плоских конструкций с малыми вылетами звеньев представляется вполне вероятным.

Вариант 5. (кривошипно-шатунный механизм). Здесь макет планеты помещен на дуге, свободно сидящей на оси эклиптики. Дуга с помощью шатуна связана с кривошипом, который закреплен на «основной сфере».

Применение такого механизма возможно, хотя он не показывает смещений планет по широте.

Таким образом, наиболее вероятными механизмами для показа петлеобразных движений планет можно считать прямолинейно-направляющие и кривошипно-шатунный.

Величины петель составляют приблизительно: для Меркурия плюс-минус 23° , для Венеры плюс-минус 46° (относительно Солнца), для Марса 20° , для Юпитера 11° , для Сатурна 6° .

Кинематика основных движений светил

Слова Цицерона о том, что «Луна сменяла Солнце в течение столько же оборотов, во сколько дней она сменяла его на самом небе», показывает, что движения светил были кинематически связаны с «суточным» вращением сферы. Вероятно соотношения средних периодов обращения макетов светил, которые принял Архимед, мало отличались от действительных, которые округленно составляют следующее количество суток (оборотов глобуса):

Луна	–	27,3
Солнце, Меркурий, Венера	–	365,25
Марс	–	687
Юпитер	–	4333
Сатурн	–	10759

По-видимому, такие соотношения скоростей механизмов можно было достичь только с применением многоступенчатых зубчатых передач. И такое решение вполне вероятно, поскольку видимо именно Архимед является их изобретателем. Это как раз «то механическое открытие», с помощью которого, по словам Плутарха, Архимед собирался сдвинуть Землю, но ограничился тем, что подвинул «силой одного человека» выгашенный на берег корабль. То есть он вывел правило, согласно которому общее передаточное число редуктора равно произведению передаточных чисел его звеньев [Житомирский, 1981, с.22 – 24].

Движение должно было передаваться последовательно от более быстрых светил к более медленным. При этом получают такие передаточные числа: глобус-Луна $i = 27,3$; Луна-Солнце $i = 13,4$; Солнце-Марс $i = 1,9$; Марс-Юпитер $i = 6,3$; Юпитер-Сатурн $i = 2,5$. Даже самая большая редукция, которую требует механизм (глобус-Луна) реализуется всего двумя передачами с отношением чисел зубьев 5,2, так что здесь ученому не пришлось преодолевать значительных конструктивных трудностей.

Изображение фаз Луны

О том, что глобус показывал фазы Луны видно из слов Лактанция: «он (Архимед) мог... показать... рост и убывание Луны.» Фазы зависят от угла между Луной и Солнцем, и в зависимости от этого угла должен изменяться вид макета Луны. Для изображения лунных фаз часовщики XIX в. использовали два способа: применение наполовину зачерненного вращающегося шара и применение «масок» (рис.33).

Схема а) дает правильное изображение фаз Луны, моделируя действительность. Кстати, в эпоху Архимеда существовала теория о такой природе лунных фаз, которой придерживался современник Архимеда вавилонский астролог Берос. Витрувий сообщает, что согласно Беросу: «Луна есть шар наполовину блестяще-белый, наполовину лазоревого цвета» [Витрувий, 1936, с.268]. Фазы, как он считал, происходят из-за вращения Луны.

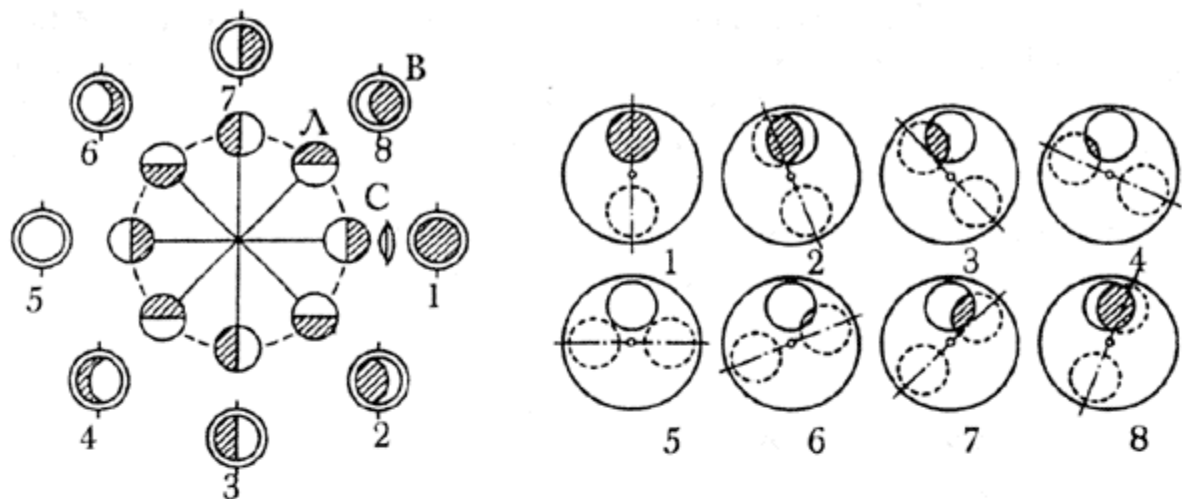


Рис.33. Способы изображения фаз Луны. 1 – применение наполовину зачерненного вращающегося шара, 2 – с помощью «масок», с – макет Солнца, л – макет Луны (шарик вид сверху), в – вид макета Луны.

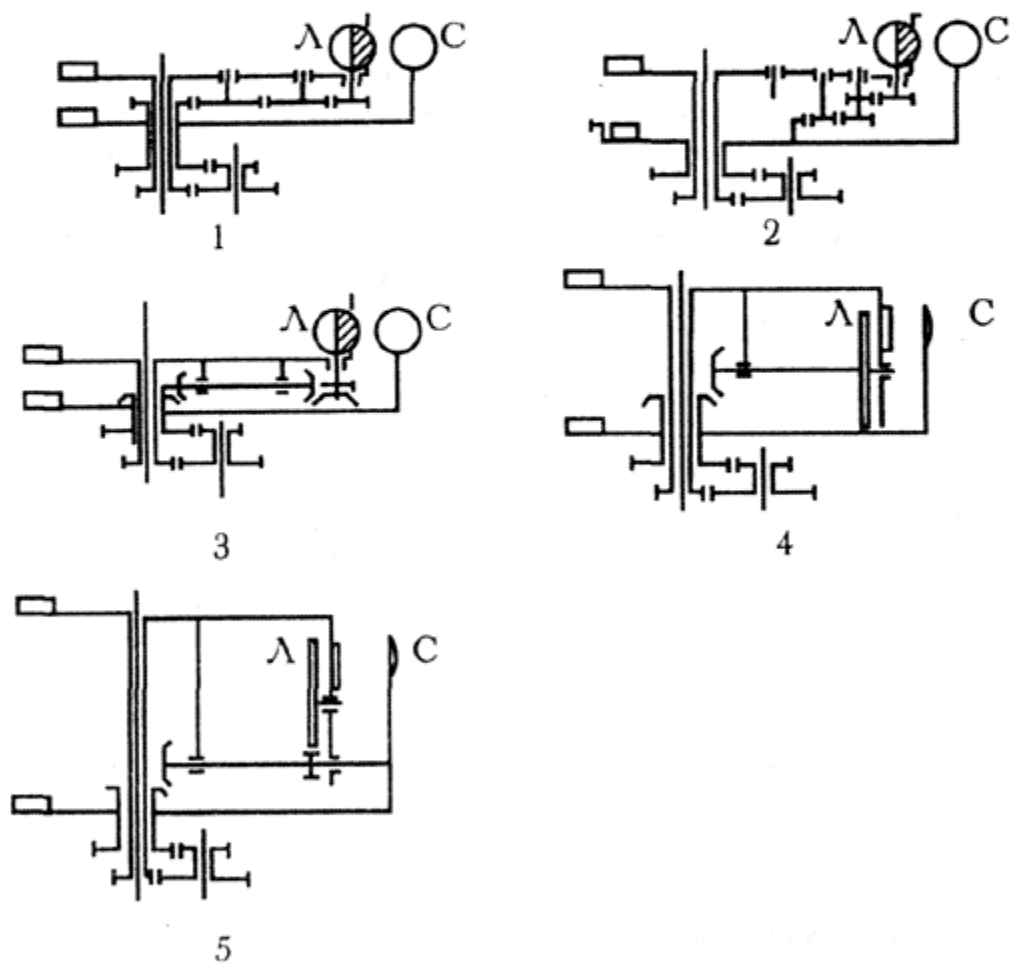


Рис.34. Варианты кинематики механизмов для изображения фаз Луны. 1 – планетарный механизм с цилиндрическими колесами для поворота шара, 2 – вариант предыдущего с дополнительной понижающей передачей, 3 – вариант первого с использованием конических колес и поперечного валика, 4 – прямая передача на шторку с масками через конические колеса, 5 – вариант предыдущего с дополнительной понижающей передачей, с – макет Солнца, л – макет Луны.

Конечно, Архимед знал истинную природу фаз, но мнение Бероса могло подсказать ему идею механизма. Чтобы добиться правильного изображения фаз, шарик, изображавший Луну, должен делать два оборота вокруг оси за время одного оборота относительно Солнца в ту же сторону.

Схема б) предусматривает изображение лунного диска в виде отверстия, за которым расположена поворотная шторка с масками, имитирующими неосвещенные части Луны. В этой конструкции точное изображение фаз невозможно, например, при масках в форме круга в ряде случаев вместо «серпа» получается выпуклость. Вероятно могла быть применена любая из этих схем. На рис.34 показаны варианты кинематических схем механизмов изображения лунных фаз: схемы 1 – 3 для объемных макетов Луны и Солнца, 4 – 5 для плоских. Между ними нет принципиальной разницы, и можно думать что ни одно из подобных решений не представляет серьезных трудностей.

Привод глобуса

Из сообщения Цицерона известно, что глобус имел ручной привод. В то же время Клавдиан говорит о пневматике: «Воздух, скрытый внутри, различные движет светила...».

Можно думать, что речь идет о воздушных турбинках и соплах, из которых со свистом вырывается воздух. Как говорилось, создание определенных отношений между движениями макетов светил вдоль эклиптики вряд ли можно было бы достичь без применения многоступенчатых зубчатых передач. Поскольку связь Луны с глобусом должна быть строго определенной (о чем пишет Цицерон), в этом звене также не было места для пневматики. Таким образом, скорее всего пневматический привод мог использоваться для приводов механизмов возвратных движений планет. Источником сжатого воздуха видимо должны были служить мехи. Разумеется, они не обладают той долговечностью, какую обладал глобус. Однако мехи по всей вероятности должны были находиться вне сферы, и для их замены не требовалось трогать основные механизмы глобуса, так что они могли многократно обновляться.

Опыт реконструкции глобуса Архимеда

На основании анализа демонстрационных возможностей глобуса Архимеда и вариантов устройства его механизмов предпринята попытка его реконструкции. Естественно, она не может претендовать на достоверность, но все же попытка свести воедино наиболее вероятные варианты отдельных частей позволяет ощутить проблемы, которые стояли перед Архимедом-конструктором.

Для проработки выбрана схема, включающая достаточно вероятные компоновочные и конструктивные варианты. В ней приняты следующие решения:

1. Общая компоновка – сфера, имеющая окна и заключающая внутри механизмы перемещения светил (рис.30, вариант 3).

2. Привод сферы и основных движений ручной, привод механизмов возвратного движения планет пневматический с помощью воздушных турбинок.

3. Механизм показа возвратного движения планет «прямолинейно-направляющий» (рис.32, вариант 3).

4. Механизм демонстрации фаз Луны со шторкой, сидящей на оси сателлита «конической» планетарной передачи (рис.34, вариант 4).

Каковы были размеры глобуса Архимеда? Единственное косвенное упоминание об этом есть у Цицерона, где сказано, что: «Галл велел принести ту знаменитую сферу...» Ясно, что если бы глобус имел очень большие размеры, скорее собеседники отправились бы к нему. С другой стороны выполнить механизмы миниатюрными было бы затруднительно, и очень маленьким он быть не мог. Кроме того где-то в его стойке должны были помещаться воздушные мехи.

Следовательно, глобус, вероятнее всего, был напольным с диаметром от 50 до 90 см. Именно в этих пределах колеблются размеры большинства сохранившихся звездных глобусов и армиярных сфер XVII – XIX вв. [Майстров, 1968, с.45 – 54]. Видимо такие размеры обеспечивают наибольшую наглядность подобных приборов.

Реконструкция глобуса представлена на рис.35, 36. Предположительно глобус был выполнен в виде каркаса, одетого листами, оставлявшими вдоль эклиптики ряд окон. В противном случае было бы невозможно смонтировать заключенные внутри механизмы. Поскольку резьбовые соединения в эпоху Архимеда были еще неизвестны, можно предположить что основным способом сборки была пайка.

Глобус помещен на двух трубчатых полуосях, выходящих из его полюсов и определяющих ось мира 1. Поскольку он предназначался для демонстрации в Сиракузах, логично предположить, что наклон оси к горизонту соответствовал широте города и составлял 37° . Внутри глобуса под углом $23,5^\circ$ к оси мира установлена ось эклиптики – вал 2. На этом валу на своих опорах могут вращаться держатели макетов светил: Луны – 4, Солнца – 5, Меркурия – 6, Венеры – 7, Марса – 8, Юпитера – 9, Сатурна – 10.

Через нижнюю трубчатую полуось глобуса проходит неподвижная ось, на которой внутри сферы закреплена шестерня. Она через две пары зубчатых колес с общим передаточным числом 27,3 соединена с опорой Луны. Когда глобус вращают вокруг оси мира, закрепленное на сфере колесо обкатывается вокруг этой шестерни, и «Луна» делает полный оборот внутри глобуса за 27,3 «суток» в сторону, противоположную вращению сферы. Параллельно оси эклиптики закреплена промежуточная ось, на которой сидят четыре двухвенцовых шестерни, последовательно соединяющие опоры макетов небесных тел Луны, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна (их передаточные числа приведены выше). Общее передаточное число от Луны к Юпитеру составляет 401.

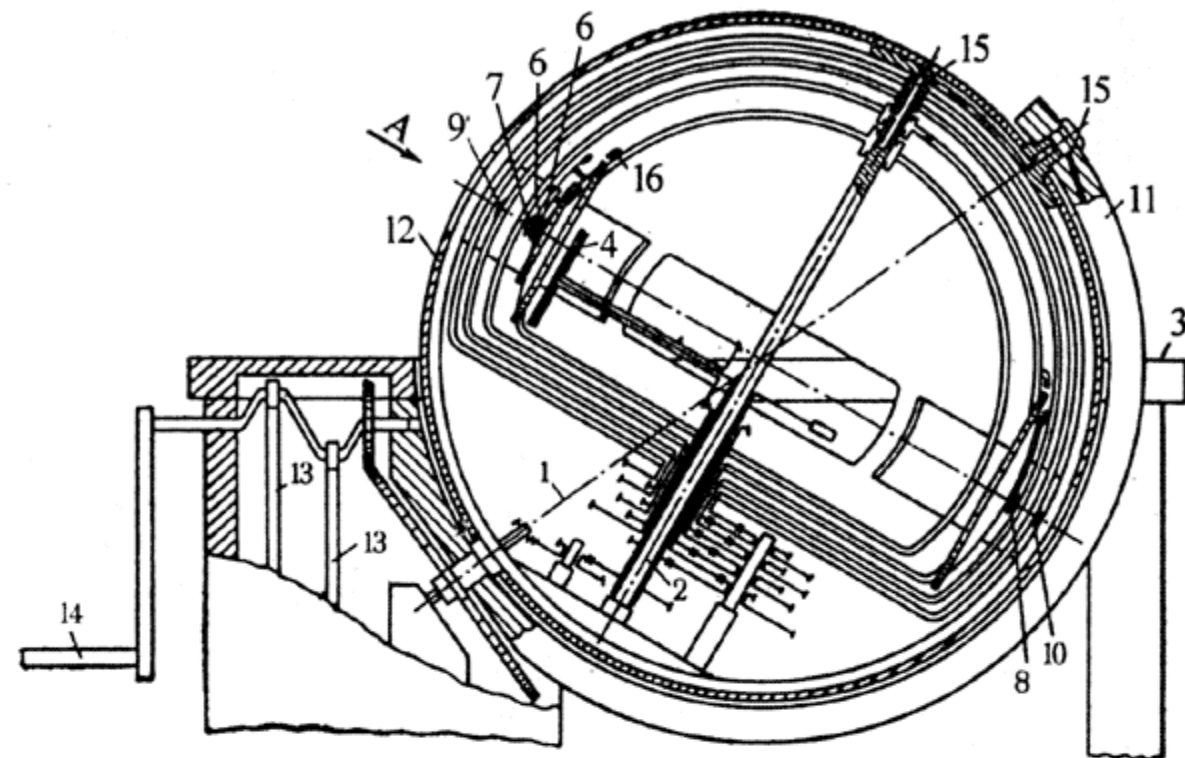


Рис.35. Возможное устройство глобуса Архимеда. Обозначения: 1 – ось мира, 2 – ось эклиптики, 3 – кольцо горизонта, 4 – Луна, 5 – Солнце, 6 – Меркурий, 7 – Венера, 8 – Марс, 9 – Юпитер, 10 – Сатурн, 11 – меридиональный круг, 12 – корпус, 13 – тяги привода мехов, 14 – рукоятка, 15 – канал подвода воздуха, 16 – сопло турбины

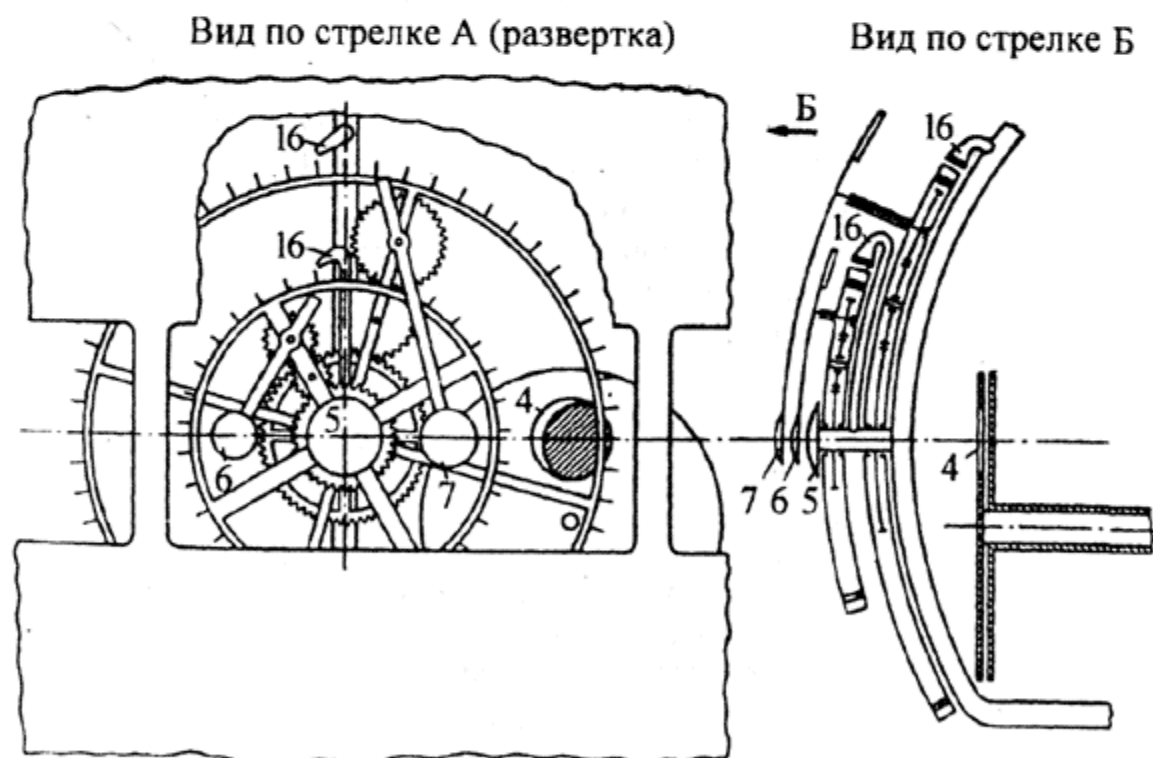


Рис.36. Механизмы показа движений Солнца, Меркурия и Венеры. Обозначения: те же, что на рис.35

Луна 4 оформлена в виде пластины с отверстием, за которой вращается светлый диск с темными масками. Необходимость кинематической связи между диском (или наполовину зачерненным шариком) и опорой Солнца требует, чтобы Луна находилась к центру глобуса ближе других светил. Иначе держатель макета Солнца будет пересекаться с приводом механизма показа фаз Луны.

Передача движения к механизмам возвратных движений планет, в отличие от привода их обращения, очень затруднена, и тут применение воздушных турбинок значительно упрощает конструкцию. Механизмы движения Меркурия и Венеры закреплены на опоре Солнца, механизм Марса крепится к опоре этой планеты. В данном варианте реконструкции возвратные движения Юпитера и Сатурна не отражены. Воздух подается к турбинкам сквозь пустотелые держатели Солнца и Марса через муфты, пропускающие воздух от отверстий в трубчатой оси эклиптики. К ней воздух подается через канал 15 в меридиональном круге 11.

Глобус приводится во вращение рукояткой 14 через понижающую зубчатую передачу. Ось рукоятки выполнена в виде коленчатого вала; с ним связаны тяги 13, качающие воздушные мехи. Таково возможное устройство глобуса Архимеда.

Глобус Архимеда в истории техники

История сохранила сведения о том, как описание Архимедовой сферы явилось толчком для создания в середине XVI в. аналогичного устройства. Речь идет об «астрономических часах» итальянского механика Джуанело Турриано [Бек, 1933, с.123 – 140]. Турриано был придворным часовщиком Карла V. Биограф императора, друг Турриано Амброзио Моралес рассказывает, что тот, прочитав у Плутарха о «сфере Архимеда», решил создать еще более замечательную (здесь, видимо, имеется ошибка – Турриано или Моралес перепутали Цицерона с не менее популярным Плутархом). Моралес сообщает, что Турриано обдумывал свою конструкцию 20 лет, на изготовление потратил три года, и что в часах было 1800 зубчатых колес (похоже, Турриано был склонен к преувеличениям). Моралес так описывает часы:

Диаметр часов был почти 2 фута (ок. 60 см), они были почти шарообразны, несколько больше в ширину, чем в высоту... Шар был из позолоченной меди с несколькими отверстиями, через которые видно было большинство движений. Игра двух-трех пружин приводила все в движение с различной скоростью: Сатурна в его 30-летнем движении *primus mobile* – одводневном, Солнце – годичном, Луна в месячном через эклиптику, а также и остальные планеты в своем особом движении

[там же, с.127].

В отличие от глобуса Архимеда, который был демонстрационным планетарием с произвольным масштабом времени, сфера Турриано имела часовой механизм, который в какой-то мере синхронизировал перемещение макетов светил в часах с их видимыми движениями на небе.

Некоторые итоги

Анализ возможностей глобуса Архимеда и механизмов, необходимых для реализации этих возможностей, позволяет выделить ряд элементов, впоследствии нашедших широкое применение в практической механике, но время появления которых неизвестно. То, что без них было бы невозможно создание механического небесного глобуса, означает, что они либо были изобретены Архимедом, либо заимствованы им у предшественников. Во всяком можно считать достаточно вероятным их известность в III в. до н.э. К таким элементам относятся:

1. Многоступенчатые зубчатые передачи. Без них невозможно осуществить кинематическую связь между держателями макетов светил.

2. Планетарная передача. Этот механизм совершенно необходим в любом из механизмов показа лунных фаз и возвратных движений планет.

3. Воздушная турбина. Применение воздушного привода для вращения каких-то звеньев прибора следует из сообщений Клавдиана и Тертуллиана.

4. Узел подвода воздуха к вращающемуся звену. Без этого узла невозможен пневматический привод механизмов возвратных движений планет.

5. Кривошипно-шатунный механизм. Необходим для преобразования вращательного движения глобуса возвратно-поступательное, нужное для работы воздушных мехов.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Представленные читателю очерки не претендуют на исчерпывающее рассмотрение проблемы. В них я попытался проследить сложную судьбу мифа, который, как можно судить по сохранившимся данным, сыграл значительную роль в формировании основных идей античной астрономии.

Анализ материала поэмы Арата «Явления» показал, что неизвестные нам жрецы-астрономы энеолита не позже рубежа 3 – 2 тысячелетий до н.э. пришли к понятиям о главных небесных движениях, согласным с научными положениями сферической астрономии. Скорее всего они опирались на представление о «скорлупе Мирового яйца» как о твердой, обнимающей Землю вертящейся звездной сфере.

Этот миф и сделанные на его основе астрономические выводы вероятно пришли в Грецию с религиозным течением, принявшим там форму орфизма. Следы орфических представлений можно отметить в космологических представлениях крупнейших философов античности – Анаксимандра, Пифагора, Парменида, Эмпедокла, Платона и Аристотеля. Даже атомисты, признававшие бесконечность пространства и множественность миров, считали, что каждый из них ограничен собственной звездной сферой. Вероятно у пифагорейцев под влиянием поисков математической гармонии Вселенной произошло геометрическое осмысление орфической космологии, вылившееся в идею шарообразности Земли.

Великий математик Евдокс Книдский, творец первой в истории геометрической гипотезы движений светил, остался верен орфико-пифагорейской концепции центральной симметрии Вселенной и описал ее как систему концентричных сфер, хотя полученные на этой основе траектории видимого движения светил сильно отличались от действительных.

Возможно, именно желание проверить гипотезу Евдокса стимулировало начало координатных наблюдений планет и опорных звезд, которые можно отнести к началу деятельности Александрийского мусейона. На это указывают сохраненные Птолемеем координаты ряда звезд, близких к эклиптике и небесному экватору, которые определил Тимохарис. Наблюдения александрийских астрономов должны были показать несостоятельность гипотезы Евдокса, и действительно, примерно в то же время начались поиски альтернативной кинематики неба.

Повидимому, наиболее ранним решением проблемы стала гелиоцентрическая система мира, предложенная Аристархом Самосским. Однако гипотеза, признававшая Солнце центром мира, вошла в противоречие со

всеми философскими концепциями того времени и не получила признания. Следующей появилась гипотеза эпициклов, автором которой, возможно, был Аполлоний Пергский. Она, как и гипотеза Аристарха, позволяла значительно лучше описывать наблюдаемые движения светил, но при этом сохраняла геоцентризм. Гипотеза эпициклов стала на много столетий доминирующей в астрономической науке.

Третья альтернативная гипотеза мироустройства принадлежала современнику Аполлония Архимеду. Как удалось показать, он придерживался геогелмоцентрической системы мира с обращением Луны, Солнца, Юпитера и Сатурна вокруг Земли, а Меркурия, Венеры и Марса вокруг Солнца. При этом Архимед смог правильно определить относительные размеры орбит гелиоцентрических планет.

Восходящие к мифологии Мирового яйца представления о твердом небе, ограничивающем мир, продержались в астрономической науке до конца XVI в. Только в 1584 г. в эпиграфе к диалогу «О бесконечности, Вселенной и мирах Джордано Бруно провозгласил:

“Кристалл небес мне не преграда боле,
Рассекши их, подъемлюсь в бесконечность”»

[Бруно, 1949, с.302].

Но новый взгляд на звездное небо как на безграничное пространство, населенное солнцами далеких миров, утвердился только с приходом эпохи телескопической астрономии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аристотель, 1981. Сочинения, том 3. – М.: Мысль
Архимед, 1962. Сочинения /перевод, примечания и вступительная статья И.Н.Веселовского. – М.: Физматгиз.
Бек Т., 1933. Очерки по истории машиностроения. – М.-Л.; ГТТИ
Библия, 1976. – М.: издание Московской патриархии
Бруно Д., 1948. – Диалоги. – М.: Госполитиздат
Ван-дер-Варден Б.А., 1959. Пробуждающаяся наука. – М.: Физматгиз
Ван-дер-Варден Б.А., 1991. Пробуждающаяся наука II. Рождение астрономии. – М.: Наука, Физматлит.
Веселовский И.Н., 1961; Аристарх Самосский – Коперник Античного мира //Историко-астрономические исследования, выпуск VII. – М.: Наука, с.13 – 70.
Веселовский И.Н., 1971. Неевклидова геометрия в древности. //Материалы XIII Международного конгресса по истории науки (Москва, 18 – 24 августа 1971 г.) – М.: Наука.
Веселовский И.Н., 1982. Астрономия орфиков //Вопросы истории естествознания и техники №2, с.120 – 124 – М.
Вересаев В.В., 1963. Эллинские поэты в переводах В.В.Вересаева. – М.: ГИХЛ.
Витрувий, 1936. Об архитектуре десять книг. – Л.: Гос. соц.экономиздат.
Гурштейн А.А., 1992. Реконструкция происхождения зодиакальных созвездий // На рубежах познания Вселенной (Историко-астрономические исследования, вып. XXIII). – М.: Физматлит.
Диоген Лаэртский, 1979. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов. – М.: Мысль.
Дитмар А.Б., 1980. География в античное время. – М.: Мысль.
Дрезден М., 1977. Мифология древнего Ирана //Мифологии древнего мира. – М.: Наука, с. 338 – 386.
Житомирский С.В., 1977. Астрономические работы Архимеда // Историко-астрономические исследования, выпуск XIII. – М.: Наука, с.319 – 337.
Житомирский С.В., 1978. «Небесный глобус» Архимеда //Историко-астрономические исследования, выпуск XIV. – М.: Наука, с.271 – 302.
Житомирский С.В., 1981. Архимед. – М.: Просвещение
Житомирский С.В., 1985. О геометрии Вселенной Платона. // Вопросы истории естествознания и техники, №4, с.104 – 107
Житомирский С.В., Куртик Г.Е., 1988; Космические расстояния Архимеда. – Препринт N18 ИИЕТ АН СССР. М.: с.16 – 44.
Житомирский С.В., 1997. «Явления» Арата. Датировка и анализ первоисточника // Дракон и Зодиак (сборник статей). – М.: издание Астрономического общества (EAAS), с.51 – 69.
Житомирский С.В., 1999. Орбитальное движение Земли. Филолай и Аристотель // Исследования по истории физики и механики 1995 – 1997. М.: Наука, с.75 – 86.
Жидь А.Я., 1994. Наука, философия и религия в раннем пифагореизме. – СПб.: ВГК, «Алтей».
Куртик Г.Е., 1999. Космология древней Месопотамии // Исследования по истории физики и механики 1995 – 1997. – М.: Наука, с.60 – 75.

- Лебедева А.В., 1978. ТО ΑΠΕΙΡΟΝ: не Анаксимандр, а Платон и Аристотель // Вестник древней истории, №1, 2.
Лебедева А.В., 1989. Фрагменты ранних греческих философов. – М.: Наука.
Лосев А.Ф., 1927. Античный космос и современная наука. – М.
Луcretий Тит Кар., 1983. О природе вещей – М.: Художественная литература.
Небо, наука, поэзия. 1992; Редакторы: П.В.Щеглов, Н.А.Федоров, перевод и комментарии А.А.Россиуса, М.: издательство Московского университета.
Новосадский М.И., 1900. Орфические гимны. – СПб
Платон, 1971. Сочинения, т.3, ч.1 – М.: Мысль
Плутарх, 1977. Об Изиде и Осирисе. //Вестник древней истории, №4
Потемкина Т.М., 1998. Сибирский Стоунхендж // Наука в России. №4
Потемкина Т.М., Юревич В.А., 1998. Из опыта археоастрономических исследований археологических памятников (методический аспект) – М.: Институт археологии РАН.
Птолемей К., 1998. Альмагест. – М.: Наука-Физматгиз
Рожанский И.Д., 1979. Развитие естествознания в античную эпоху. М.: Наука.
Рожанский И.Д., 1980. Античная наука – М.: Наука
Россиус А.А., 1992. (см. «Небо, наука, поэзия»)
Скиапарелли Д., 1960. «Гомоцентрические сферы Евдокса, Каллиппа и Аристотеля», перевод И.Н.Веселовского, рукопись. (см. Schiaparelli, 1877).
Тахо-Годи А.А., 1980. Античные гимны. – М.: изд. Московского университета.
Тацит К., 1966. Сочинения, т.1 – Л.: Наука
Хокинс Дж., 1973. Разгадка тайн Стоунхенджа. – М., ИИЛ
Цицерон, 1966. Диалоги. – М.: Наука
Chassapis C.S., 1967. Η Ellnikh Astronomia Tes Β' Xiliethridos P.X. Kata Togs Orfikogs Gimnos (Греческая астрономия 2-го тысячелетия до н.э. по орфическим гимнам). – Афины.
Crommelin A.C.D. 1923. The Ancient Constellations Figures, in Splendour of the Heavens, Vol.2, Hitchinson & Co., London.
Cronford F.M., 1937. Plato's Cosmology. – L
Dicks D.R., 1970. Early Greek Astronomy tu Aristode. – Bristol Hippolitus, 1916; Refutatio omnium haeresium /Heraus- habe von F.Wenland, Leipzig (Hippolitus Werke, Bd.3).
Macrobius, 1963; Commentarii in somnium Scipionis / Ed. L.Willis. Leipzig, Teubner.
Maunder E.W., 1909. The Astronomy of the Bibie, Hodder & Stoughton, London.
Neugebauer O., 1975; A History of Ancient Mathematical Astronomy. Pt.1 – 3. Berlin-Heidelberg-N.Y., Springer-Verlag.
Osborn C., 1983; Archimedes on the Dimention of the Cosmos, – Isis, V.74, N272, p.234 – 242.
Ovenden M.W., 1966. The Origin of the Constelations, The Philosophical Journal 3, No.1, 1 – 18.
Papathanassiou M., 1991. Of the Astronomical Explanation of Phanes's Relief at Modena // Arhaeoastronomy, no 16 (JUA xxii).
Roy A., 1984. The Origin of the Constelations //Vistas in Astronomy, Vol.27, No.2, p.176 – 185.
Schiaparelli G., 1877. Le sfere omocentreche de Eudokso, di Calippo e di Aristotele //Memorie di Seiere e Lettere; Classe di Scienze matematiche e naturale. Vol.1; p.117 – 179.
Tannery P., 1893; Recheches sur L'astronomie antique. Paris. 50. Tannery P., 1912; Memoires scientifiques. V.1. Paris.
West M.L., 1971. Early Greek Philosophy and the Orient. Oxford
Zhitomirsky S., 1999. Aratus «phaenomena»: Dating and Analysing ist Primary Source //Astronomical and Astrophisikal Transactions, Vol.17, pp.483 – 500.