

# АСТРОНОМИЯ

УДК 523:524.8

## ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО БОЛЬШОГО РАЗРЫВА ИЛИ КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ КОСМОЛОГИИ И КОСМОГОНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ. ЧАСТЬ I.

### КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДРЕВНЕГО МИРА

Ю. П. Филиппов

Настоящая работа открывает цикл из четырёх статей, являющихся кратким экскурсом в историю космологии и космогонии Солнечной системы, с охватом по временной шкале – с древнейших времен до наших дней. Выход этого цикла приурочен к 135-летию со дня рождения русского ученого с мировым именем – Фридриха А. А. – основоположника современной физической космологии, автора первой нестационарной модели Вселенной. Данная статья посвящена обзору наиболее значимых примеров космолого-космогонических моделей устройства Вселенной и Солнечной системы Древнего мира. В частности, в данной работе рассмотрены Модель очевидной Вселенной доисторического периода, космологические модели Древнего Египта, Вавилона и Китая. Особое внимание уделено астрономии и космологическим моделям, созданным выдающимися мыслителями Древней Греции. Основной целью данного экскурса является попытка проследить за эволюцией представлений человека о Вселенной и выявить основные «точки бифуркации» в истории указанных разделов астрономии.

**Ключевые слова:** космология, космогония, Солнечная система, модель, Вселенная.

#### Введение

Понятие «Вселенная» является фундаментальным понятием астрономии, однако не имеющим строгого научного определения. Этот термин, как правило, употребляется в двух альтернативных смыслах: а) умозрительном или философском, здесь под Вселенной понимается весь окружающий мир и б) материальном, в этом случае под Вселенной понимается часть материального мира, доступная непосредственно изучению естественно-научными методами.

В настоящее время проблемами происхождения и эволюции Вселенной как целого, общими закономерностями её устройства занимается одна из наиболее молодых и бурно развивающихся наук – космология, изначально сформировавшаяся как раздел одной из самых древних наук в истории человечества – астрономии. В настоящее время астрономия – это наука о

Вселенной, изучающая расположение, движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и образованных ими систем [1]. Во все времена со знательного развития человечества возникновение и развитие Вселенной было тесно связано с возникновением и эволюцией Солнечной системы, в которую входит наша планета Земля. Вопросами происхождения и эволюции Солнечной системы, как физической системы, сегодня занимается раздел астрономии – космогония Солнечной системы.

Настоящая работа является первой из четырех запланированных частей краткого экскурса в историю космологии и космогонии Солнечной системы. Целью экскурса является рассмотрение наиболее значимых примеров космолого-космогонических моделей устройства Вселенной и Солнечной системы (СС) разных исторических эпох. На их основе будет предпринята попытка проследить за эволюцией представлений человека о Вселенной. Первая часть будет посвящена обзору космологических моделей Древнего мира.

#### 1. Доисторические представления о Вселенной

Для наших очень далеких предков Вселенная отождествлялась с небосводом, наполненным

© Филиппов Ю. П., 2023.

Филиппов Юрий Петрович,

(filippov.yur@ssau.ru),

доцент кафедры общей и теоретической физики

Самарского университета,

443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

различными небесными объектами и явлениями, ежесуточно появляющимися над плоской безграничной Землей, очевидно, поэтому наделяемой особой ролью во Вселенной. При этом контент *небесных объектов* был ограничен лишь очевидными человеческому взору светилами: Солнцем, Луной и звёздами [2].

*Небесные явления*, как правило, составляли атмосферные метеорологические явления: метеоры, болиды, радуга, гало и др. В ясные ночи звёзды сияли завораживающе ярко и наши предки пристально вглядывались в небо. Усилиями своей фантазии они мысленно объединяли наиболее яркие звёзды в *астеризмы* – упорядоченные цепочки звёзд, напоминающие образы земных предметов обихода, геометрические фигуры, символы. Так появились на небе Большой Ковш и Малый Ковш, Северный крест, Большой квадрат и другие астеризмы. Именно последние стали прототипами современных *созвездий* – обособленных участков небосвода, на которые проецируются все небесные тела и явления с точки зрения земного наблюдателя [3]. Именно эти первонаблюдатели задали первичную упорядоченность небосвода. Фактически это была первая карта звёздного неба, хотя и устная. По сути, она стала на долгие столетия надежным ориентиром не только в пространстве, но и во времени и, кроме того, основой современного метода ориентирования по звёздному небу – *метода звёздных цепочек*. Кто-то из этих зорких и внимательных наблюдателей обнаружил, что одна из ярких звёзд (Венера) перемещается по небосводу среди других. Позже были обнаружены ещё, как минимум, три ярких блуждающих светила (Марс, Юпитер, Сатурн), получивших название *планеты*. Так появился новый класс небесных объектов, дополнивших первичную «модель очевидной Вселенной».

Сегодня известно несколько местоположений этих первонаблюдателей: Междуречье (или Месопотамия) на территории нынешнего Ирака, полуостров Малая Азия (Палестина), определённые области Египта, Индии, Китая, Средиземноморье (остров Крит), территории современной Мексики, Белиза, Гватемалы, Гондураса (расположение цивилизации Майя). Благодаря письменным источникам мы достоверно знаем, что начало их астрономической деятельности восходит к III-II тысячелетию до н.э., а по косвенным признакам – даже к IV тысячелетию до н.э. [4].

## 2. Египетская астрономия и космологические модели

Новый этап в изучении доступной тогда Вселенной определили целенаправленные многолетние наблюдения небосвода египетскими жрецами. Хотя их не интересовала Вселенная как объект, ведь они смиренно воспринимали её как данность, созданную Богом, но они усердно выполняли наблюдения за ней, преследуя чисто утилитарные цели: предсказать точные даты разлива Нила и начала

сельскохозяйственных работ, солнечные и лунные затмения, что было важно для поддержания верховной власти фараонов [5]. Кроме того, данные своих наблюдений они активно использовали при составлении различных гороскопов.

Египтяне знали о существовании пяти ярких планет (в том числе и Меркурия) и отождествляли их с богами. Именно благодаря 5 планетам, Луне и Солнцу год был поделён на семидневные недели, каждый день недели был посвящён одному из этих светил-богов, а сутки поделены на 24 часа. Они построили первый солнечный календарь, основанный на сидерическом периоде Земли, по наблюдениям за Сириусом еще в IV тыс. до н. э. [6]. Египтяне использовали солнечные и водяные часы для измерения промежутков времени, первые угломерные инструменты для измерения углов между звёздами. Учение о небесных светилах и их роли в жизни человека (астрология) получило государственный статус и успешно развивалось.

Первые космологические модели Вселенной (от IV тыс. до н.э.) у древних египтян весьма туманны по смыслу, имели религиозно-мифологическую основу с привлечением астрономических данных. Совершенно иной уровень представления о Вселенной отражён в «египетской» системе мира от IV в. до н.э., которую описал Гераклид Понтийский, непосредственно общавшись с египетскими жрецами. Согласно этой модели мира, Земля является центром Вселенной вокруг которого обращаются все светила, но Меркурий и Венера при этом обращаются ещё и вокруг Солнца. Это была первая попытка увязать очевидное центральное положение Земли с подмеченными особенностями движения Венеры и Меркурия, всегда сопровождающих Солнце.

## 3. Астрономия и космологические модели Вавилона

Не менее трепетное отношение к наблюдениям объектов Вселенной и небесных явлений было у жрецов Древнего Вавилона, начало которых датируется III тысячелетием до н.э. По сути, они преследовали те же цели, что и египтяне: контроль над ходом времени посредством создания календарей и составление индивидуальных гороскопов.

Отличительная особенность работы вавилонских жрецов – *многовековые аккуратные систематические наблюдения за дневным и ночным небосводом*. Благодаря накоплению большого количества данных, совершенствованию методик наблюдений и передаче опыта от поколения к поколению, здесь была достигнута высокая точность астрономических измерений, построен высокоточный лунный календарь, даны корректные прогнозы наступления лунно-солнечных затмений. Вавилоняне не только знали о существовании пяти ярчайших планет и пристально за ними следили, но и смогли определить их синодические периоды и пери-

оды повторения условий их видимости. Они ввели эклиптические координаты, зодиак и его 12 созвездий, обнаружили неравномерность собственного движения Луны и первыми предложили градусную меру угла с разбиением окружности на  $360^\circ$  [7].

Жрецы-наблюдатели получали поддержку от государства, в частности, во всех крупных городах Вавилонского царства были построены башни-обсерватории.

Вавилонское устройство Вселенной было чисто мифологическим. Согласно одной из самых распространённых легенд, созвездие Дракона – это олицетворение чудовища, которое было представлено сторожить небо, сделанное из шкуры древнего чудовища Тиамат, усеянного бриллиантами, в борьбу с которым вступил бог Мардук. Выделение этого созвездия, очевидно, связано с тем, что именно его ярчайшая звезда –  $\alpha$  Дракона была в III тысячелетии до н. э. ближе других ярких звёзд к северному полюсу мира, потому она выполняла роль навигационной звезды, подобно Полярной звезде сегодня.

#### 4. Астрономия и космологические модели Китая

Астрономия в Древнем Китае была одним из приоритетных видов деятельности элиты общества. Причём это было делом государственной важности, а не религиозного догматизма. Особенность открытий древнекитайских астрономов – их *самобытность*, практически все они делались исключительно самостоятельно, без опоры на уже существующие достижения других цивилизаций. Приведём лишь несколько примеров.

1. Так в конце IV тыс. до н. э. китайским астрономам была известна продолжительность лунного месяца в 29.5 суток, а продолжительность солнечного года – уже к 350 г. до н. э. и составляла 365.25 суток [7].

2. В IV в. до н. э. здесь был создан лунно-солнечный календарь, основанный на 60-летнем цикле. Данный календарь до сих пор используется в Китае наравне с Григорианском.

3. Уже в XII веке до н. э. в Китае появилась первая специализированная Чжоугунская обсерватория для наблюдений звёздного неба [8].

4. В том же столетии один из сотрудников этой обсерватории (Чу Конг) точно определил угол наклона эклиптики к небесному экватору.

5. Уже к VI в. до н. э. китайцы выделили Млечный Путь как явление неизвестной природы.

6. В 355 г. до н. э. был создан первый звёздный каталог астрономами Гань Дэ и Ши Шэнь, насчитывавший свыше 800 звёзд с указанием их эклиптических координат.

7. Знаменитый астроном Чжан Хэн (78–139) на рубеже I–II в. н. э. оценил общее число звёзд (2.5 тысячи), ясно видимых одновременно.

8. С III в. до н. э. в Китае использовались солнечные и водяные часы.

9. В III в. до н. э. китайцами был создан компас.

10. Китайские астрономы первыми зарегистрировали пятна на Солнце в 301 г. до н. э.

11. Китайскому наблюдателю неба Гань Дэ приписывают первое наблюдение Юпитера и его спутника Ганимеда невооружённым глазом в 364 до н. э.

12. В китайских хрониках отмечены появления новых звёзд («звёзды-гости»), начиная с 532 г. до н. э., включая и ту, что в 134 г. до н. э. наблюдал Гиппарх.

13. Наиболее ранняя запись о комете относится к 1058/1057 г. до н. э. Это самое древнее из известных наблюдений кометы Галлея. А начиная с 240 г. до н. э. китайцы не пропустили ни одного её прохождения через перигелий своей орбиты. Китайские астрономы первыми отметили и характерные направления хвостов комет – прочь от Солнца, но не пытались объяснить это.

Общие представления о Вселенной у китайцев сформировались уже в конце 3 тыс. до н. э. Как и у других народов древности, они имели изначально мифологический характер. В древнекитайской модели Вселенной (IV в. до н. э.) Земля представлялась плоской, четырехугольной, неподвижной, а небо – круглым куполом, вращающимся над Землей вокруг точки севера. Небо, по сравнению с размерами Земли, довольно низко «висело» над ней.

Совершенно иные представления о строении и масштабах Вселенной изложил в своей теории мира «Хунтянь» (Беспредельное небо) Чжан Хэн. Он представлял Вселенную безграничной в пространстве и во времени. Небо же изображалось в форме яйца, где Земля играла роль желтка (т. е. была сферической!). На его поверхности и «внутри» него мыслилась вода. Здесь автор дал четкую кинематическую модель видимых движений Солнца и звёздного неба. Последнее представлялось вращающимся вокруг оси, проходящей через северный и южный полюсы мира. Все светила он считал шарообразными. Солнце в его модели движется среди созвездий, и его путь наклонен к небесному экватору на  $24^\circ$ . Вселенная воспринималась им как отлаженный, устойчивый, вечный механизм.

#### 5. Астрономия и космология Древней Греции

История астрономии Древней Греции начинается с VII–VI вв. до н. э. В период VI–V вв. до н. э. возникли три крупные философские школы, которые различались космолого-космогоническими взглядами: ионийская, пифагорейская и школа элеатов.

##### 5.1. Космология Фалеса и Анаксимандра

Основатель ионийской школы, Фалес Милетский (624–547 до н. э.) полагал, что в основе всего существующего лежит единая материальная субстанция, за которую он принимал воду. Все дей-

ствия, изменения, движения вещей он объяснял наличием у них «души». Землю он считал шарообразной и находящейся в центре мира. Фалес полагал, что Луна – тёмное тело, заимствующее свет от Солнца.

У Анаксимандра (611 – 546 до н. э.), ученика Фалеса первоначальной субстанцией являлся «апейрон» – нечто беспредельное, вечное, способное «всем управлять». Развитие мира представлялось уже не как движение «души», а как результат *борьбы противоположностей*.

Вселенная, по его мнению, возникла «в недрах беспредельного начала как зародыш, в котором влажное и холодное ядро оказывается окружённым огненной оболочкой. Под воздействием жара этой оболочки влажное ядро постепенно высыхает, причём выделяющиеся из него пары раздувают оболочку, которая, в конце концов, лопаётся, распадаясь на ряд колец» [9]. Распад начального мира на кольца, наполненные огнём, мы якобы видим сквозь отверстия неба как звёзды. В центре мира остаётся плотная Земля в форме низкого плоского цилиндра (здесь отразилась круговая форма линии горизонта). Земля ни на что не опирается, а парит свободно и совершенно неподвижна. Возникновение, развитие и гибель Вселенной Анаксимандр считал повторяющимся процессом.

### 5.2. Вселенная пифагорейцев

Сущностью Вселенной и всех процессов в ней пифагорейцы считали «число» – правильные количественные (целочисленные в пределах 10) соотношения. Эта идея стала основой пифагорейского учения о *числовой гармонии мира*. Утверждение роли числа и правильных числовых соотношений во Вселенной стало *первым шагом к математизации естествознания*. Пифагорейцам было свойственно одушевление всего Космоса, его отдельных частей и тел. Развитие же понималось как результат *борьбы противоположных качеств*.

Пифагорейцы считали, что в первоначальной пустоте возник некий зародыш будущей Вселенной – «Огненная Единица». Он рос подобно семени за счёт захвата окружающей беспредельной среды («вдыхая её») и постепенно оформлялся из беспредельного и бесформенного в линию, плоскости, объёмы (т. е. тела). Конкретные астрономические знания пифагорейцы объединили в самой первой известной в истории науки *математической модели Вселенной*.

Вселенную пифагорейцы представляли состоящей из нескольких (9 или 10) концентрических сфер. Сферы вращались вокруг общего центра. Семь из этих сфер несли на себе по одному из известных подвижных небесных светил, а восьмая, самая далекая сфера, – все звёзды. Главным отличием пифагорейской модели мира был её *негеоцентрический характер*. Пифагорейцы первыми отказались от основной космологической идеи всех древних цивилизаций – неподвиж-

ности и центрального положения Земли во Вселенной.

В центре мира пифагорейцы помещали центральный огонь («Гестия»), вокруг которого двигались все светила, а также и сама Земля и, кроме того, ещё и Противоземля – «Антихтон». Солнце здесь представлялось прозрачным шаром, лишь передающим тепло и свет центрального огня и внешнего огня, разлитого за пределами сферы звёзд.

В модели пифагорейцев впервые светила были расставлены в наиболее правильном порядке по их удалённости от Земли: над сферой обращения Земли располагались сферы Луны, Солнца, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. В качестве расстояний между сферами были приняты музыкальные интервалы в гамме. Пифагорейцы также считали Землю шарообразной. Это позволило дать правильное объяснение смены дня и ночи – вращением Земли вокруг своей оси.

### 5.3. Вселенная в представлениях элеатов

Основатель школы элеатов, Парменид (VI в. до н. э.) полагал, что бытие представлялось вечным, протяжённым, единым, неделимым в виде сферы, в центре которой находилась Земля. Все тела состоят из света, или эфира (огня), и тьмы, или ночи (земли), смешанных в различных пропорциях. Вселенная представлялась системой концентрических колец или «венцов, вращающихся вокруг Земли».

Мелисс (V в. до н. э.) дополнил учение Парменида о бытии: Вселенную он представлял беспредельной, неизменной, недвижимой, единой и полной [10].

Зенон Элейский (490 – 425 г. до н. э.) был первым среди древнегреческих философов, кто перешёл от утверждений по аналогии к *строгим логическим доказательствам* утверждаемого. Он считал Землю беспредельной в ширину и глубину. Для последней, он допускал периодические глобальные изменения, например, наступление приливов и отливов. Но главное отличие его учения от предшественников – это разделение Вселенной на мир вещей, осязаемых органами чувств, и реальности, которая скрыта от человека и потому неизвестна. По сути, здесь мы впервые наблюдаем переход от представлений об «очевидной Вселенной» к модели «скрытой Вселенной».

### 5.4. Модели Вселенной атомистов

Космологическая модель Вселенной Анаксагора (500 – 428 г. до н. э.), основоположника атомизма, подразумевала однонаправленное эволюционное развитие от некоторого начального состояния, когда все вещи были смешанными в виде одной неподвижной однородной массы [4]. Основу всего материального составляли бесчисленные множества бесконечно малых материализованных элементарных качеств: элементы теплоты, горечи, сладости, различных цветов и т. д.

Анаксагор отрицал возможность *абсолютной пустоты во Вселенной*.

Развитие мира начинается в инертной материи с возникновением вращения в одной области пространства. Вращение приводит к разделению стихий на слои огня и воздуха. Сгущение воздуха порождает Землю и все земные вещи, а также облака и воду. По мере распространения вширь и роста массы Вселенной её вращение, как считал Анаксагор, постепенно замедлялось и в нашу эпоху наблюдается лишь как суточное вращение неба. Земля как центральное сгущение вначале вращалась, но затем, захватывая наиболее плотные части вещества, быстро замедлилась и сейчас неподвижна. Анаксагор считал, что небесные светила – это когда-то оторвавшимся от Земли глыбы скал, которые затем раскалились от трения при быстрым движении сквозь *мировой эфир*.

Анаксагор первым объяснил *падение метеорита* в устье Эгоспотамы на севере Греции. Он считал его куском, оторвавшимся от Солнца, и на этом основании заключил, что и другие звёзды, по сути – раскалённые камни и могут время от времени срывать с неба. Солнце Анаксагор считал чрезвычайно большой раскаленной глыбой, даже «огненной насквозь», размеры которой он сравнивал с целым полуостровом Пелопоннесом и которая оторвалась от Земли. Луна – тёмное тело, во всём похожая на Землю – имеет горы и впадины и возможно обитаема. Он *первым правильно объяснил причину лунных и солнечных затмений* – загораживанием этих тел, а не их погасанием.

В своей модели Вселенной Анаксагор на основании естественных причин «объяснил» едва ли не все известные тогда небесные явления, – Млечный Путь как «отражение звёзд, неосвещённых Солнцем», кометы как «скопища планет, испускающих пламя», «падающие звёзды» как «подобие искр, выбрасываемых воздухом» и т. п.

Учение Анаксагора было значительно дополнено и развито в трудах Демокрита Абдерского (460–370 до н. э.). В основе материального мира у него – элементарные «атомы», которые в отличие от Анаксагора в его учении они совершенно бескачественны, неизменны, различаясь лишь формой и величиной. Он придерживался идеи существования абсолютной пустоты – «небытия». Атомы невидимы из-за их малости и способны к хаотическому движению в абсолютной пустоте. Соединяясь, благодаря шероховатости своей поверхности и различию формы, и подчиняясь стремлению подобного к подобному, они могут вызывать местные завихрения, т. е. вращательные движения больших масс вещества, которые и становятся, таким образом, зародышами новых вселенных.

Абсолютно пустое беспредельное пространство Демокрита мыслилось изотропным и однородным. Но в каждой «местной» вихревой вселенной, наполненной веществом, пространство оказывалось уже неизотропным: более плотные соедине-

ния атомов устремлялись к центру вселенной-вихря, более рыхлые – к её периферии. Каждая вселенная представлялась ему обособленной от окружающей пустоты оболочкой, не позволявшей атомам разлетаться из своей вселенной. Центральное сгущение в «нашем» вихре превратилось в Землю, которая отождествлялась с низким цилиндром с вогнутыми торцами. Как и у Анаксагора Земля изначально вращалась вокруг оси, но, набрав свою массу, остановилась.

Упорядоченность основных тел у Демокрита в порядке удаленности от Земли такая: Луна, Венера, Солнце, сфера звёзд (о других планетах не говорится). Гениальным было в принципе *правильное объяснение природы Млечного Пути*. Он утверждал, что это – огромное скопище слабых звёзд, невидимых по отдельности.

Демокрит допускал множественность миров-вселенных (по сути, это стало прообразом современной концепции мультивселенной [11]), считая возможными миры с Солнцем и Луной, большими по размерам, чем наши; с несколькими солнцами и лунами или вовсе без них; наконец, миры обитаемые и необитаемые, миры разных возрастов. Он полагал, что наша и подобные ей вселенные находятся в расцвете, другие в это время могут зарождаться, третьи разрушаться. Гибель отдельных вселенных, по мысли Демокрита, могла бы произойти, например, при их столкновении. Это в древней космологии первый портрет Большой Вселенной, беспредельной, включающей бесконечное число малых, местных вселенных. Образ оболочки Вселенной, удерживающей все тела данной вселенной вместе во вращении оказывалась (выражаясь современным языком) динамически устойчивой системой. Каждая вселенная в процессе своего становления оказывалась к тому же расширяющейся, захватывая новые порции вещества и новые объёмы пространства. Такая картина была возрождена спустя более двух тысяч лет в гипотезе Канта.

Детерминизм эволюции вселенной у Демокрита раскрывается в фразе: «Ни одна из вещей не возникает попусту, но всё совершается по закону и в силу необходимости». Даже боги у него не были бессмертными, а лишь чрезвычайно устойчивыми соединениями атомов! Демокрит, впервые в истории знаний, пришёл к идее дискретности пространства: линии, поверхности и объёмы он считал состоящими из огромного, но не бесконечного числа соответствующих меньших элементов. Учение Демокрита представляло собой *первую естественно-научную и логическую модель Вселенной*, построенную на едином атомистическом принципе и на идее детерминизма.

##### 5.5. Модели Вселенной Евдокса и Калиппа

Евдоксу Книдскому (408–355 до н. э.) принадлежит *первая в истории науки количественная математико-кинематическая модель Вселенной* (по факту модель Солнечной системы). Его модель описывала движение каждого небесного те-

ла с помощью системы вложенных друг в друга гомоцентрических сфер, вращающихся вокруг различно ориентированных осей с разной скоростью. Казавшееся самым простым движение звёзд моделировалось одной сферой. Таким же «суточным» движением вращались первые, самые внешние сферы всех светил. Вторые сферы Солнца, Луны и планет вращались вокруг оси, перпендикулярной эклиптике, но с разными (сидерическими) периодами. Эти движения были непосредственно наблюдаемыми. Движения третьих (а для планет ещё и четвертых) сфер подбирались так (вокруг таких осей и с такими скоростями), чтобы в картине суммарного движения светила отразились уже замеченные тогда особенности – неравномерность, попятные движения, стояния, петли, периодический выход светила из плоскости эклиптики (последнее было новым шагом в изучении движения планет). Планета мыслилась прикрепленной к самой внутренней сфере.

В результате в схеме Евдокса движение планеты представлялось кривой, напоминающей лежащую восьмерку. Несмотря на то, что в схеме мира Евдокса (из 27 сфер) более или менее удавалось воспроизвести петлеобразное движение лишь для Юпитера и Сатурна, она была огромным успехом [12]. Впервые удалось описать совокупность небесных явлений как единую систему, элементы которой связаны между собой причинно-следственными связями. Его модель неожиданно выявила объективные особенности описываемой системы: среди светил выделилась пара планет – Меркурий и Венера с одинаковыми параметрами, – оси их третьих сфер при подборе совпали [13].

К заслугам Евдокса причисляют одно из первых измерений наклона экватора к эклиптике в Древней Греции, соответствовавшего  $24^\circ$ ; одну из первых адекватных оценок длины земного меридиана в 400 тысяч стадиев и создание горизонтальных солнечных часов.

Модель Вселенной Евдокса во второй половине IV в. до н. э. усовершенствовал Каллипп (370 – 300 до н. э.) из Кизика. Он добавил для «строптивных» планет – Марса, Венеры и Меркурия – ещё по одной сфере, а для Луны и Солнца с их явно неравномерным движением даже по две, доведя общее число сфер до 34! В частности, ему удалось таким образом описать видимую неравномерность движения Солнца между равноденствиями и солнцестояниями.

### 5.6. Модель Вселенной Гераклида

Гераклид Понтийский (387 – 312 до н. э.), придерживаясь египетской модели Вселенной (см. параграф 2), ввел для объяснения смены дня и ночи идею осевого вращения Земли. У Гераклида получало естественное объяснение периодическое изменение блеска самой яркой планеты Венеры и факт, что Венера и Меркурий не отходят на небе далеко от Солнца. Однако эта модель не была воспринята современниками: она противоречила глав-

ным космологическим принципам, прочно внедрившимся в сознание древнегреческих философов – единственности центра вращения во Вселенной и неподвижности Земли.

*Модель Гераклида стала отправной точкой для нового, геометрического метода представления неравномерных периодических движений через равномерные круговые (по эпициклу и деференту).* Но лишь в следующем столетии его разработал великий математик Аполлоний Пергский, а спустя ещё сто лет впервые применил в астрономии Гиппарх и за ним (через три века!) ещё более полно и эффективно Птолемей.

### 5.7. Универсальная модель Вселенной Аристотеля

Первая систематизированная, универсальная естественнонаучная модель Вселенной была сформулирована в IV в. до н. э. древнегреческим философом и физиком Аристотелем (384 – 322 до н. э.) из Стагира. Именно материю он признавал единственной реальностью в пределах Вселенной. Он признавал и существование божественных сил, но лишь за пределами единственной и материальной Вселенной.

Аристотель дал чёткие материалистические определения пространства и времени. Пространство он определил как нечто, что уже было (или могло быть) заполнено материей. За пределами конечной материальной Вселенной, по Аристотелю, не существовало и пространства. В определении времени он придерживался позиции "время есть мера, движения, и нет движения без тела физического".

Он впервые разделил материальный наблюдаемый мир на мир земных («подлунных») и мир космических явлений с их якобы особыми законами и внутренней природой. По существу, он выступил против неоправданной экстраполяции привычных земных явлений на весь Космос.

В основе всех вещей и явлений подлунного мира Аристотель видел идею о четырех обычных элементах – земля, вода, воздух и огонь, а в основу космических – небесный эфир. Последний должен был находиться в состоянии вечного движения.

По мнению Аристотеля, Земля шарообразна и изолирована в пространстве. Это умозаключение следовало из наблюдений серповидной границы тени Земли на постепенно затмеваемой ею Луне при лунных затмениях.

Он отрицал возможность возникновения Вселенной, бесчисленное повторение возникновения и уничтожения Вселенной в целом и считал, что Вселенная – единственна и вечна [14]. Аристотель полагал, что небесные тела способны совершать круговое, вечное и равномерное движение. Последнее постулировалось как признак совершенства небесных тел.

Однако Аристотель совершил и ряд ошибочных суждений: например, он отказался от вер-

ной догадки пифагорейцев и Гераклида о вращении Земли как вокруг некоего внешнего центра, так и вокруг своей оси, поскольку это вращение не ощущалось в повседневном опыте. Неподвижность Земли в центре мира просто постулировалась, чтобы обосновать реальность суточного вращения небосвода. Вселенная в представлении Аристотеля есть некое «инженерное» сооружение – набор материальных сфер, связанных друг с другом. Аристотель дополнил модель Евдокса-Каллиппа «нейтрализующими» сферами, придав им обратные движения. Вместе с «перводвигателем» его система включала 56 сфер [9].

Все небесные тела Аристотель считал состоящими из эфира. Поэтому их движение также мыслилось как вечное, круговое и бессильное. По существу, это было первое представление об инерциальном. Неподвижность звёзд друг относительно друга Аристотель физически обосновывал совпадением их скоростей со скоростями различных частей самой сферы, в пределах которой они заключены. При этом сами звёзды не вращаются. Блуждающие планеты из-за их сложных неправильных движений Аристотель относил к менее совершенным телам, чем «верхние» звёзды. Звёзды и планеты Аристотель называл огромными телами, тогда как Землю он считал небольшой. Однако приведённая им оценка окружности Земли – 400 тыс. стадиев (или более 70 тыс. км) – не имела описания её получения и, возможно, была заимствована у Евдокса. Она превышала реальные размеры Земли почти в два раза!

#### 5.8. Первая гелиоцентрическая Вселенная Аристарха

Выдающийся древнегреческий астроном Аристарх Самосский (320 – 230 до н. э.) впервые смог определить геометрическим методом геоцентрические расстояния Солнца и Луны, а также относительные размеры этих тел (приняв за единицу земной радиус). Выполнив угловые измерения с приемлемой для того времени точностью он обнаружил, что Солнце по объёму в 250 раз больше Земли! Пораженный масштабами Солнца и стремясь найти разгадку периодического изменения блеска Марса, он не только поместил в центре мира Солнце, но и возродил пифагорейскую идею движения Земли – как орбитального, так и осевого. Это дало простое объяснение явлениям смены дня и ночи, и периодическое изменение блеска планет.

Одно из возражений оппонентов – указание на отсутствие параллактического смещения звёзд – Аристарх обошёл утверждением о чрезвычайной удалённости звёздной сферы. Однако гелиоцентрическая модель Аристарха не могла в отличие от геоцентрической схемы Евдокса-Аристотеля объяснить неравномерности в движении Солнца и Луны, не говоря уже о планетах. И хотя гелиоцентрическая идея была принята тогда некоторыми афинскими философами, она была отверг-

нута астрономами и физиками. Главный укор модели мира Аристарха – она содержала два центра вращения тел (Солнце и Землю) и, следовательно, два центра тяжести в одной сферической материальной Вселенной.

#### 5.9. Точная астрономия Гиппарха

Греческий математик Аполлоний Пергский (262 – 190 до н. э.) около 230 г. до н. э. разработал новый *геометрический метод описания неравномерных периодических движений*. Он показал, что такое движение может быть представлено как сумма двух равномерных круговых: по одной окружности (деферент) равномерно движется центр вторичной окружности (эпицикл), по которой в свою очередь равномерно движется исследуемое тело.

К астрономии этот метод впервые применил Гиппарх Родосский (190 – 120 до н. э.). С его именем связано *начало новой эпохи в развитии точной наблюдательной и теоретической астрономии*, так как он выдвинул требование: *строить точную математическую теорию движения небесных тел только на основе предельно точных данных наблюдений*. С использованием данных Аристарха, Гиппарх уточнил длину тропического года, а с использованием данных Каллиппа – продолжительности сезонов, получил параметры эксцентрической орбиты видимого движения Солнца. Гиппарх первым обратил внимание на различие продолжительностей тропического и сидерического года.

Используя математический аппарат Аполлония Пергского, Гиппарх построил *первую теорию неравномерного движения Солнца и Луны*. Теория Гиппарха устанавливала количественные характеристики движений. Он нашёл, что суммарное движение по эпициклу и деференту тождественно более наглядному движению по эксцентрику в том случае, когда угловые скорости двух первых равны, а направления противоположны. Представляя видимое движение Солнца с помощью эксцентрика, Гиппарх показал, что наблюдатель действительно должен будет видеть его неравномерным, более быстрым с той стороны, в которую сдвинуто место наблюдателя от центра круга. В этой модели впервые появились элементы, определяющие орбиту небесного тела (хотя ещё и геоцентрическую): апогей и перигей, эксцентриситет.

По собственным и некоторым проверенным вавилонским наблюдениям лунных затмений Гиппарх построил теорию движения Луны, также используя образ эксцентрика, и существенно уточнил различные его периоды: синодический и сидерический месяцы, получив величины, отличающиеся от современных данных всего на 0.4 и 1.7 секунды соответственно.

Составленные Гиппархом таблицы солнечных и лунных затмений, позволяли предсказывать их с неслыханной по тому времени точностью – в пределах 1.2 часа! По наблюдениям солнечных и лунных затмений он оценил параллакс Луны и

относительные расстояния Луны и Солнца в радиусах Земли.

Гиппарху также принадлежит введение географических широты и долготы.

Сравнение результатов наблюдений разных эпох привело Гиппарха к его наиболее знаменитому результату – *открытию прецессии земной оси*. Эффект получил наименование *предварения равноденствий*.

Он открыл ещё одну принципиально новую черту звёздной Вселенной. Появившаяся в 134 г. до н. э. в созвездии Скорпиона новая яркая звезда навела его на мысль, что изменения могут происходить и в сфере звёзд! Чтобы легче замечать такие изменения, он составил каталог положений на небе около 850 звёзд и впервые разбил все видимые звёзды на шесть классов по их блеску, назвав самые яркие *звёздами первой величины*.

#### 5.10. Геоцентрическая космология Птолемея

Начатое Гиппархом точное математическое описание движений небесных тел было развито и завершено в системе мира великого александрийского астронома и математика Клавдия Птолемея (100 – 170 н. э.).

Фундаментальный труд Птолемея «Альмагест» в 13 книгах ещё в древности получил широчайшую известность. Его справедливо относят к числу немногих наиболее важных книг, созданных за всю историю науки.

Астрономию Птолемей определял как «математическое изучение неба». Птолемей постулировал, что Земля шарообразна, небесный свод сферичен и вращается, Земля расположена в центре Вселенной и неподвижна. В своем труде Птолемей значительно усовершенствовал математический аппарат астрономии – *сферическую тригонометрию*. В течение многих столетий астрономы использовали вычисленные им таблицы синусов. Он улучшил гиппархову теорию Луны и создал полную математическую теорию всех известных тогда видимых движений планет.

В модели Вселенной Птолемея нашла реализацию мысль Платона – объяснять сложные явления методом разложения их на простые, делающие эти явления доступными для описания на языке математики. Под давлением наблюдательных фактов для Марса Птолемей отступил от идеи равномерных круговых движений, посредством введения *экванта*. Так, в недрах геоцентрической теории по мере её совершенствования закладывались предпосылки её будущего краха.

Теория Птолемея получила широкую известность и произвела огромное впечатление не только на его современников. В последующие века, начиная с III в. и вплоть до XVI в., «Альмагест» господствовал в Индии, арабских странах, Европе. Вместе с тем теория Птолемея как весьма точное по тем временам математическое описание движений Солнца, Луны и планет, способная предвычислять астрономические явления, в течение многих

столетий (вплоть до XVI в) обеспечивала нужды практической вычислительной астрономии, способствовала развитию мореходства и торговли в значительной степени стимулировала и обеспечила великие географические открытия.

Развитие христианства в Европе, с её крестовыми походами, догмами, войнами, сопровождавшимися массовыми эпидемиями, на долгие века «загнали в угол» процесс познания материальной Вселенной, а наука о Вселенной в Средневековье была в стадии глубокой стагнации.

#### Вместо эпилога

Т. о., на протяжении указанных тысячелетий представление человека о Вселенной претерпело сильные изменения. От чисто мифологических, не связанных логикой, хронологией событий, числами, но зато наполненных нереалистичными историями моделей Вселенной человечество постепенно отступало в сторону логически обоснованных метафизических моделей, наделенных примитивным математическим аппаратом, с применением простейших законов кинематики. С течением времени мыслители Древнего мира всё больше вовлекали в свои модели наблюдательные факты и измеряемые на опыте величины, отводя всё более важную роль материальному миру, и всё больше оттесняя в сторону мир богов. Однако отказаться от Бога и его исключительно важной роли в мироустройстве Вселенной в те времена не представлялось возможным (это и никто не пытался сделать!). Главная причина этому – слишком много наблюдательных фактов не поддавалось разумному объяснению в рамках имевшейся на тот момент системы знаний.

Примечателен тот факт, что среди примитивных концепций устройства мира у разных мыслителей того времени были гениальные догадки, адекватно соответствующие современной картине мира, например, гениальное предположение египетских жрецов о движении Венеры и Меркурия вокруг Солнца, теория атомов Демокрита, гелиоцентризм Аристарха и др. Однако отсутствие должного уровня физико-астрономических знаний, господство парадигмы геоцентризма и исключительно важная роль богов в рамках религиозных учений того времени не позволили развиваться далее этим гениальным идеям.

#### Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. – М.: УРСС, 2019. – 544 с.
2. Березин В. А. Космология от Адама и Евы до Алексея Старобинского. Часть 1. // Про странство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2019. – №2. – С. 28-43.
3. Сурдин В. Г., Блинников С. И., Архипова В. П. Звёзды. М: Физматлит, 2013. – 428 с.

4. Еремеева А. И., Цицин Ф. А. История астрономии. – М: МГУ, 1989. – 348 с.
5. Куртик Т.Е., Астрономия Древнего Египта// На рубежах познания Вселенной. (Историко-астрономические исследования, вып. XXII), М.: Наука, 1990. – С. 207-256.
6. Веселовский И. Н. Египетские деканы. – Историко-астрономические исследования. – 1969. – Вып. 10. – С. 39-62.
7. Паннекук А. Астрономия в Древнем Мире. – М.: УРСС, 2014. – 592 с.
8. Старцев П. А. Очерки истории астрономии в Китае. – М.: Физматгиз, 1961. – 156 с.
9. Рожанский И. Д. Античная наука. – М.: Наука, 1980. – 198 с.
10. Лаэртский Д. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов. – М.: Мысль, 1986. – 571 с.
11. Шкловский И. С. Что было, когда «ничего» не было? – Земля и Вселенная. – 1984. – №4. – С. 38.
12. Житомирский С. В. Планетарная гипотеза Евдокса и древняя мифология. – Астрономия древних обществ. – М.: Наука, 2002. – С. 311-314.
13. Thomson J. O. History of ancient geography. – Cambridge: Cambridge University Press, 1948. – p. 116.
14. Аристотель. О небе. – Соч. Т. 3. М.: Мысль, 1981. – С. 263–378.

**EVOLUTION OF THE UNIVERSE FROM THE BIG BANG  
BEFORE THE BIG RIP OR A BRIEF EXCURSION  
IN THE HISTORY OF COSMOLOGY AND SOLAR SYSTEM  
COSMOGONY: FROM ANCIENT TIMES  
TO THE PRESENT DAY. PART I.  
COSMOLOGICAL MODELS OF THE ANCIENT WORLD**

J. P. Philippov

This work opens a cycle of four articles, which are a brief excursion into the history cosmology and cosmogony of the Solar System, covering the time scale – from the most ancient times up to the present day. The release of this cycle is dedicated to the 135-th anniversary of the birth of the world-famous Russian scientist Fridman A. A., the founder of modern physical cosmology and the author of the first non-stationary model of the Universe. This article is devoted to an overview of the most famous examples of cosmological and cosmogonic models of the structure of the Universe and the Solar system at the Ancient world. In particular, in this paper, we consider the Model of the obvious Universe at the prehistoric times, cosmological models of Ancient Egypt, Babylon and China. Special attention devoted to astronomy and cosmological models created by prominent thinkers of Ancient Greece. The main purpose of this excursion is an attempt to trace the evolution of representation man's knowledge of the Universe and identify the main «bifurcation points» in the history of these branches of astronomy.

**Keywords:** cosmology, cosmogony, Solar System, model, Universe.

*Статья поступила в редакцию 30.11.2022.*

---

© Philippov J. P. 2023.

*Philippov Jury Petrovich,*

*(filippov.yur@ssau.ru),*

*associate professor of General and*

*Theoretical Physics Department of the*

*Samara University,*

*443086, Russia, Samara, Moscovskoye shosse, 34.*