

ФИЛОСОФСКИЕ ВЗГЛЯДЫ АРХИМЕДА к 2300 – летию со дня рождения

С.Б. Бондаренко

Излагаются и анализируются философские взгляды великого древнегреческого ученого Архимеда. При этом особое внимание уделяется методологическим критериям, которые он применял, решая математические, физические, астрономические и космологические проблемы. Рассматриваются факторы, определившие выбор Архимедом картины мира.

Ключевые слова: философия, методология, описание, картина мира

По мнению многих и профессионалов, и дилетантов, Архимед (287–212 г. до н.э.) – один из самых выдающихся ученых в истории науки. Ф. Даннеманн отметил, что после Аристотеля ведущим ученым Античности стал Архимед [1]. Г. Галилей называл Архимеда своим лучшим учителем. Очевидно, что умственных способностей и трудолюбия недостаточно для успешного решения математических и физических задач, нужна эффективная методология. Поэтому представляют большой интерес философские взгляды Архимеда. И конечно, в свете столь выдающихся исторических достижений великого ученого Древней Греции особенно остро стоит проблема его отрицательного отношения к гелиоцентрической модели Аристарха Самосского.

Исследователи творчества Архимеда обратили внимание на высокий уровень его научных работ: «Все его сочинения представляют собой подлинные памятники математического доказательства. Поставлена цель. Представлен последовательный план работы. Предложения строго сформулированы. Не имеющее отношение к цели устраняется. Теорема доказывается с помощью математических средств и приемов» [2].

Архимеду принадлежит ряд знаменитых сочинений – «Псаммит», «Эфод» и др., в которых анализируется проблема доказательства. Он виртуозно владеет тригонометрическими методами, умеет обращаться с иррациональными числами и бесконечно малыми величинами, разрабатывает кинематический метод построения касательной в одной точке. Огромное эвристическое значение имел развитый и конкретизированный

Евдоксом, Евклидом и Архимедом метод исчерпывания, с помощью которого удалось вычислить площади и объемы различных геометрических объектов. В письме к Эратосфену Архимед излагает свое понимание механического метода решения физических и математических задач. Основная идея этого метода заключается в том, что любая сложная фигура составляется из заполняющих ее простых фигур, площадь или объем которых известны (например, прямоугольный треугольник). И далее используется закон рычага: веса обратно пропорциональны расстояниям от неподвижной точки рычага в состоянии равновесия [3].

Б. Ван-дер-Варден подчеркивает стремление Архимеда доказывать одни и те же теоремы с помощью нескольких независимых методов, что позволяло бы сравнивать результаты. Например, теорему о площади параболического сегмента Архимед доказывает дважды: механическим методом и геометрическим [4].

В физических исследованиях Архимед умело применяет методы наблюдения, эксперимента и измерения. Большой интерес представляет описание Витрувием знаменитых опытов с царской короной:

«Что же до Архимеда, то из всех его многочисленных и замечательных открытий приводимое мною является, несомненно, доказательством прямо-таки безграничной его изобретательности. А именно, когда Гиерон, достигший царской власти в Сиракузах, после удачного завершения своих предприятий, решил по обету бессмертным богам поместить в одном из храмов золотой венец, он заказал сделать его за определенную плату и отвесил нужное количество золота подрядчику. В назначенный по договору срок тот доставил царю тонко исполненную работу. После же того как сделан был донос, что часть золота была утаена и при изготовлении венца в него было примешано такое же количество серебра, Гиерон, негодуя на нанесенное ему оскорбление и не находя способа доказать эту покражу, обратился к Архимеду с просьбой взять на себя разрешение этого вопроса. Случилось так, что в то время как Архимед над этим думал, он пошел в баню и, садясь в ванну, заметил, что чем глубже он погружается в нее своим телом, тем больше через край вытекает воды. И как только это указало ему способ разрешения его вопроса, он, не медля, вне себя от радости, выскочил из ванны и голый бросился к себе домой, громко крича, что нашел то, что искал; ибо на бегу он то и дело восклицал по-гречески: «Эврика!». Тогда, исходя из этого открытия, он сделал два слитка одинакового веса с венцом – один из золота, другой из серебра. Сделав это, он взял объемистый сосуд, наполнил его до самых краев водой и опустил в него серебряный слиток, при погружении которого вода вытекла в количестве, равном величине слитка. Вынув затем слиток, он долил воды, отмерив ее секстарием, так, чтобы она опять сравнялась с краями, как и раньше. Так он определил, что серебро по весу соответствует известному количеству воды. Про-

делав этот опыт, он подобным же образом опустил в наполненный сосуд золотой слиток и, вынув его, нашел посредством прежнего измерения, что воды убавилось не столько же, а меньше, насколько меньше был объем золотого слитка сравнительно с равным ему по весу серебряным. После же этого, вновь наполнив сосуд и опустив в то же количество воды самый венец, он нашел, что воды вытекло больше, чем при погружении золотого слитка такого же веса; и таким образом, исходя из того, что венец вытеснил больше воды, чем слиток, он показал примесь в золоте серебра и обнаружил покражу подрядчика» [5].

Описание Витрувием эксперимента и ряд аналогичных сообщений античных историков дают возможность проанализировать философско-методологическую концепцию Архимеда, которая была реализована в практических опытах. Архимед корректно выполнил целую совокупность методологических требований: поставил конкретную цель, выбрал метод, составил план, провел наблюдения и измерения, фиксировал результаты, произвел математическую обработку полученных результатов, сделал нужные физические выводы, осуществил проверку опыта. Анализируя эксперимент, Архимед применял не только математические понятия, но и специфические физические понятия: силы, веса, плотность, состояния, центра тяжести, температуры и др. При исследовании выталкивающей силы жидкости он использовал точные весы, которые применял и при решении задачи с царской короной.

Изучение разнообразных первоисточников привело автора этой статьи к очень важному выводу: в Сиракузах Архимед создал мощный научно-технический комплекс с большим числом лабораторий и мастерских, превосходящий таковые в Афинах, Риме и даже Александрийский музейон. Царь Сиракуз Гиерон (Второй), интересовавшийся науками, собирал рукописи, приглашал ученых и деятелей искусства, возводил величественные храмы и дворцы, строил комфортные гимнасии и палестры. Сиракузы с населением около полумиллиона человек в III в. до н. э. стали ведущим центром кораблестроения и военной промышленности всего Средиземноморья. О большом количестве производимой военной техники в Сиракузах свидетельствуют описания защиты Сиракуз во время осады города римлянами, например:

«Архимед соорудил машины приспособительно к метанию снарядов на любое расстояние. Так, если неприятель подплывал издали, Архимед поражал его из дальнобойных камнеметальниц тяжелыми снарядами или стрелами и повергал в трудное беспомощное положение. Если же снаряды начинали лететь поверх неприятеля, Архимед употреблял в дело меньшие машины, каждый раз сообразуясь с расстоянием, и наводил на римлян такой ужас, что они никак не решались

идти на приступ или приблизиться к городу на судах. Когда римляне подошли к берегу на расстояние выстрела, Архимед употребил другое средство, направленное против воинов, сражавшихся с судов, именно: он велел сделать в стене приблизительно на высоте человеческого роста множество отверстий, с наружной стороны имевших в ширину пальца четыре; у отверстий изнутри стены он поставил стрелков и маленькие скорпионы, через отверстия обстреливал корабельных воинов и тем отнимал у них всякую возможность сделать что-нибудь. Все время они оставались невидимы, но лишь только требовалось употребить их в дело, машины изнутри выдвигались над стеною и простирали свои жерла далеко за зубчатые укрепления. Некоторые машины метали камни весом не менее десяти талантов, другие выбрасывали груды свинца. Жерла Архимедовых машин отклонялись вместе с подставкою вправо или влево, смотря по надобности, и при помощи задвижки метали камни в неприятельское сооружение. Кроме того, с машины спускалась прикрепленная к цепи железная лапа; управлявший жерлом машины захватывал этой лапой нос корабля в каком-нибудь месте и потом внутри стены опускал нижний конец машины. Когда нос судна был таким образом поднят и судно поставлено отвесно на корму, основание машины утверждалось неподвижно, а лапа и цепь при помощи веревки отделялись от машины. Вследствие этого некоторые суда ложились набок, другие совсем опрокидывались. Сиракузяне имели в запасе множество метательных орудий, превосходных и метких. Оно и понятно, так как Гиерон дал средства на них, а Архимед изобрел машины и мастерски исполнил их. Так, в течение восьми месяцев римляне оставались под стенами города. Такова чудесная сила одного человека, одного дарования, умело направленного на какое-либо дело. Располагая столь значительными силами сухопутными и морскими, римляне могли бы быстро овладеть городом, если бы кто-либо изъясил из среды сиракузян одного старца. Но так как этот один был среди сиракузян, они не дерзали нападать на город или, по крайней мере, упреждать те способы нападения, отразить которые Архимед был в силах» [6].

По оценкам историков науки, Архимед изобрел более 40 типов машин и механизмов. Для их создания нужны были материалы, рабочие, инженеры, мастерские. Машины должны пройти испытания, прежде чем их начнут применять и строить в больших количествах. Многие машины требовали сложных физико-математических расчетов. Сохранились сведения о знаменитом устройстве, названном «полиспасть», или «редуктор», в котором использовалась зубчатая передача. С помощью полиспаста Архимед легко перемещал тяжелые грузы.

Афиней описал такой случай: «Заготовляя материал, царь Гиерон велел привезти с Этны столько лесу, что его хватило бы на шестьдесят четырехрядных кораблей. Гиерон собрал также корабельных плотников и других ремесленников, а во главе их поставил Архия, кораблестроителя из Коринфа, и приказал ему немедленно приступить к работам. Он

и сам также целые дни проводил на верфи. За шесть месяцев корабль был наполовину закончен. Каждая готовая часть немедленно обшивалась свинцовой чешуей; ее выделывали триста мастеров, не считая подручных. Наконец царь приказал спустить наполовину готовое судно на воду, чтобы там завершить остальные работы. О том, как это сделать, было много споров; но механик Архимед один с немногими помощниками сумел сдвинуть огромный корабль с места, изготовив систему блоков с лебедками. Архимед первым изобрел устройство сложных блоков. Остальные работы на корабле заняли также шесть месяцев» [7]. Трюмную воду, даже когда ее набиралось очень много, вычерпывал только один человек при помощи винта Архимеда. Назвали корабль «Сиракузия». По мнению экспертов, роскошный корабль, отделанный драгоценными камнями и слоновой костью, имел длину около 90 м и мог перевозить до 5 тыс. человек. На судне были установлены разнообразные военные машины, сконструированные Архимедом.

Изучая исторические материалы, автор пришел к выводу, что Архимед сконструировал несколько видов редукторов. Методология технического творчества Архимеда содержала общий принцип создания разнообразных технических устройств, позволяющий в дальнейшем их совершенствовать и применять в различных практических ситуациях. Архимед изобрел много видов стрелометов, катапульт, подъемных кранов, небесных сфер.

Астрономические исследования Архимеда основывались главным образом на сочинениях по оптике и геометрии знаменитого ученого III в. до н.э. Евклида, который жил в Александрии и работал в музее при царе Египта Птолемеи I Сотере. Архимед, «стажируясь» длительное время в Александрийском музее, изучил опыт ведущих астрономов Александрии, так как этот античный университет имел богатую библиотеку (700 тыс. рукописей), обсерваторию, небесный глобус, звездные и географические карты. Ряд современных исследователей полагают, что Архимед принял активное участие в определении размеров Земли, проведенном под руководством Эратосфена. В то время, когда Эратосфен выполнял свои измерения в Александрии, Архимед по согласованию с ним произвел измерения в Сиене [8]. Эратосфен свои расчеты для измерения радиуса Земли построил в основном на евклидовых методах и моделях. Он применил теоремы тригонометрии, изложенные в «Началах» Евклида [9], и модель прямолинейного распространения света, описанную в его «Оптике» и «Катоптрике» [10]. Архимед использовал линейку с металлическим цилиндром для измерения углового диаметра небесных

светил, с помощью которой определил угловые размеры Солнца. Точность измерений была невысокой. Архимед не доверял зрительным восприятиям и поэтому при определении диаметра Солнца пытался применять измерительные инструменты.

Используя тригонометрический метод, Архимед определил расстояния до планет и построил систему мира, основанную на астрономических измерениях и наблюдениях. В центре мира находится Земля, вокруг нее обращаются Луна и Солнце. Меркурий, Венера и Марс вращаются вокруг Солнца. Юпитер и Сатурн обращаются вокруг Земли. Архимед установил расстояния до планет и сферы неподвижных звезд [11]. В IV в. до н.э. схожую систему мира пропагандировали пифагорейцы Гераклид Понтийский, Гикет Сиракузский, Экфант Сиракузский и др. Пифагор и его последователи (Евдокс, Каллип и др.) представляли мир в виде идеальной сферы, в центре которой находится Земля. Культ сферы присутствует в мистической космогонии сицилийского пифагорейца V в. до н.э. Эмпедокла Акрагантского [12]. По свидетельству Порфирия, Пифагор во всех городах Сицилии имел своих учеников и последователей, которые оказали сильное влияние на философско-мировоззренческие убеждения сицилийцев [13].

История науки поставила перед человечеством большое число нерешенных и дискуссионных проблем. Среди них выделяется проблема противостояния геоцентризма и гелиоцентризма. Почему гелиоцентрическая гипотеза древнегреческого астронома Аристарха Самосского в течение 2 тыс. лет отвергалась большинством ученых и только благодаря титаническим усилиям Коперника, Бруно, Кеплера, Галилея, Ньютона и их сторонников она заняла достойное место в науке и стала одним из важнейших элементов современной мировой культуры. «Проблемы, связанные с историей астрономии, – подчеркивает О. Нейгебауэр, – гораздо более запутанны, чем в случае с математикой» [14].

В европейской литературе получила распространение точка зрения, согласно которой крупные ученые Античности и Средневековья отвергли гелиоцентрическую систему Аристарха Самосского из-за противоречия с постоянно наблюдаемой картиной звездного неба.

«Интересно отметить, – пишет А. Боннар, – что в древности у Аристарха было мало последователей. Казалось бы, что она должна была произвести революцию в астрономических представлениях. Но она наталкивалась – как позднее система Коперника, которая восторжествовала не без усилий, – то на массовые и религиозные предубеждения, то на доводы научного порядка, весьма серьезные. К массовым предрассудкам относятся среди многих других те, что подсказыва-

ются человеческим самолюбием, ведь человек хочет, чтобы Земля была в центре существующего. Религиозные верования были оскорблены уподоблением Земли планетам; уничтожить всякое различие между земной материей, которая обречена на гибель, и светилами, сущность которых нетленна и божественна, светилами, почитаемыми за богов, – это было нечестием. Анаксагор был осужден афинским трибуналом за то, что утверждал, что Солнце – это охваченный пламенем камень, а Луна – это земля. Культ светил был очень распространен в III веке до н.э. под влиянием учения стоиков, отводившего этому культу значительное место в своей пантеистической системе, а также под влиянием астрологии, которая наводнила в ту эпоху греческий мир, придя сюда с востока. Среди противников Аристарха, основывающихся на религиозной философии, был выдающийся философ-стоик Клеанф, заявивший, что против Аристарха следует возбудить процесс за то, что он представил Землю в движении. “Представил в движении то, что по природе неподвижно”. Прекрасный аргумент!

Но главной причиной неудачи Аристарха была оппозиция наиболее видных ученых: Архимеда, Аполлония Пергского и в следующем веке Гиппарха. Эти ученые заявляли, что по гипотезе Аристарха нельзя отдать себе точного отчета в видимых явлениях, в “феноменах”... “Нужно спасать феномены”, – говорил Гиппарх. И этот принцип, который означает: нужно считаться с фактами, такими, какими мы их наблюдаем, – правильный принцип. Недостаточно создать гипотезу, нужно убедиться, соответствует ли она фактам» [15].

В одно время с Архимедом в Александрийском музее работали выдающиеся античные астрономы: Конон Самосский, Аполлоний Пергский, Эратосфен Киренский и Аристарх Самосский. Эти ученые часто спорили о проблемах строения мира и методах доказательства в астрономии. Конон, Аполлоний и Эратосфен гелиоцентрическую теорию Аристарха считали ложной, неправильной, ошибочной. Главный аргумент был «физический»: если бы Земля вращалась вокруг оси и обращалась вокруг Солнца, то тела на Земле и в воздухе вели бы себя по-другому. Облака бы всегда двигались только с востока на запад, массивные тела должны были бы быстро отставать и улетать в направлении, противоположном направлению движения Земли, и т.п. [16]. Но Аристарх Самосский упорно и настойчиво защищал свою модель. Аристарх был последователем Демокрита и Эпикура, поэтому он признавал правильными демокритовские представления о вихрях атомов и небесных тел в космосе.

Архимед критически относился к античному атомизму, так как атомы были ненаблюдаемы и их материальное существование – сомнительно. Архимед подверг критике демокритовские методы доказательства соотношения объемов цилиндра и вписанных в него шара и конуса, ос-

нованные на атомистической методологии. «Так как в основе доказательства Демокрита лежали предпосылки атомизма, противоречившие господствующим в математике представлениям, то Архимед говорил, что Демокрит дал свои теоремы без доказательства» [17].

Архимед поддерживал дружеские отношения с Эратосфеном, который почти 20 лет прожил в Афинах и великолепно знал философские учения Демокрита, Эпикура, Гераклита, Платона, Аристотеля. Эратосфен слушал лекции известных греческих ученых и посещал «семинары» руководителей афинских философских школ. Эратосфен, Аполлоний и Архимед испытали сильное влияние аристотелевской критики Демокрита, и в частности соглашались с аргументом Аристотеля, что существование наименьшего и неделимого противоречит фундаментальным принципам математической науки.

Однако неверно думать, что они были догматичными последователями Аристотеля, который считал Землю шарообразной и неподвижной, находящейся в центре сферического мира. Аристотель разделил мир на подлунный и надлунный, который заполнен прозрачным газообразным эфиром и содержит 55 прозрачных концентрических эфирных сфер, обращающихся равномерно вокруг Земли с разными скоростями. Существенное расхождение с Аристотелем проявилось в отношении к применению математических методов, особенно в описании подлунного мира. Аристотель полагал, что чувственные восприятия искажают и скрывают материальную реальность: «чувственно воспринимаемые линии не таковы, как те, о которых говорит геометр, и точки имеют не одинаковую природу со звездами» [18].

Аристарх Самосский, так же как и его александрийские коллеги, геометризировал картину мира и использовал математические понятия (точки, линии, треугольники, сферы и т.п.) для описания мира. Солнце в его модели находится в центре мира, а вокруг Солнца в одном направлении и в одной плоскости по круговым орбитам на определенных расстояниях обращаются планеты. Луна по круговой орбите обращается вокруг Земли, которая вращается вокруг своей оси. В Афинах Аристарх подвергся гонениям за свои идеи и бежал в Александрию.

Почему Архимед отверг космологические учения Демокрита, Эпикура, Гераклита, Филолая, Гераклида, Аристарха, стоиков? Плутарх характеризует Архимеда как человека возвышенного образа мыслей и обширных познаний. Архимед «забывал о пище и уходе за телом, и его нередко силой приходилось тащить мыться и умащаться, но и в бане он продолжал чертить геометрические фигуры на золе очага и даже на соб-

ственном теле, натертом маслом, проводил пальцем какие-то линии – поистине вдохновленный Музами, весь во власти великого наслаждения. Он совершил множество замечательных открытий, но просил друзей и родственников поставить на его могиле лишь цилиндр с шаром внутри и написать расчет соотношения объемов» [19].

Архимед увлекался математическими понятиями, абстракциями, теоремами, задачами, методами. Он ясно осознавал математические критерии строгости языка и доказательства [20]. При решении разнообразных математических и физических задач он неукоснительно соблюдал требования научной методологии.

Изучение философских взглядов Архимеда показывает, что он восхищался пифагорейским образом совершенства мира. При выборе картины мира геометрические идеалы Архимеда оказались для него важнее опытных данных и строгих методов доказательства. Поэтому в космологии он отступил от своих методологических принципов, признал правильными бездоказательные «физические» объяснения наблюдаемых явлений (движение облаков, полет камней и т.п.), отождествил мир в целом с математической сферой, проигнорировал эпикурейскую критику финитной космологии (не может быть начала и конца мира в пространстве и во времени) и знаменитые апории древнегреческого философа V в. до н. э. Зенона Элейского. Если в математических и физических исследованиях Архимед стремился к методологически корректным доказательствам, то в его космологии решающее значение имели философские идеи Пифагора и обыденный опыт. Однако Архимед не был догматиком и не исключал возможности изменения строения мира, что подтверждает его знаменитое изречение: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю!».

Примечания

1. См.: *Даннелманн Ф.* История естествознания. – Одесса: Матезис, 1913. – С. 50.
2. *Heath T.L.* History of Greek Mathematics. – Oxford: Clarendon Press, 1921. – P. 20.
3. См.: *Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж.* Пути и лабиринты: Очерки по истории математики. – М.: Мир, 1986. – С. 243.
4. См.: *Ван-дер-Варден Б.Л.* Пробуждающаяся наука: Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. – С. 299.
5. *Витрувий.* Десять книг об архитектуре. – М.: Всесоюз. Акад. архитектуры, 1936. – С. 171–172.
6. *Полибий.* Всеобщая история: Кн. I–IX. – М.: ОЛИМА-ПРЕСС Инвест, 2004. – С. 271–272.

7. *Афинеи*. Пир мудрецов: Кн. I–VIII. – М.: Наука, 2004. – С. 265.
8. См.: *Николов Н., Харалампиев В.* Звездочеты древности. – М.: Мир, 1991. – С. 243.
9. См.: *Паннекук А.* История астрономии. – М.: Наука, 1968. – С. 136.
10. См.: *Розенбергер Ф.* История физики. – М.: ОНТИ, 1934. – Ч. I. – С. 54–55.
11. См.: *Житомирский С.В.* Архимед. – М.: Просвещение, 1981. – С. 44–47.
12. См.: *Семушкин А.В.* Эмпедокл. – М.: Мысль, 1985. – С. 85–103.
13. См.: *Порфирий* Жизнь Пифагора // Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов. – М.: Мысль, 1979. – С. 453.
14. *Нейгебауэр О.* Точные науки в древности. – М.: Наука, 1968. – С. 147–148.
15. *Боннар А.* Греческая цивилизация. – М.: Искусство, 1995. – С. 583.
16. См.: *Дитмар А.Б.* Родосская параллель. Жизнь и деятельность Эратосфена. – М.: Мысль, 1965. – С.23.
17. *Асмус В.Ф.* Демокрит. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – С. 38–39.
18. *Аристотель.* Метафизика // Аристотель. Сочинения: В 4 т. – М.: Мысль, 1976. – Т. 1. – С. 106.
19. *Плутарх.* Сравнительные жизнеописания: В 2 т. – М.: Наука, 1994. – Т. 1. – С. 351.
20. См.: *Архимед.* Сочинения. – М.: Физматгиз, 1962.

Дата поступления 02.04.2013

Курский филиал Российского
экономического университета
им. Г. В. Плеханова, г.Курск
bonds@rambler.ru

Bondarenko, S.B. Philosophical views of Archimedes (commemorating the 2300th anniversary)

The paper recounts and analyses philosophical views of Archimedes, the great ancient Greek scientist. The specific attention is paid to methodological criteria which Archimedes used when solving mathematical, physical, astronomical and cosmologic problems. Also, the author considers factors which determined Archimedes's choice of the picture of the world.

Keywords: philosophy, methodology, description, picture of the world