

Посвящается Амме и Анне

MAPPING THE HEAVENS

**THE RADICAL SCIENTIFIC IDEAS THAT REVEAL
THE COSMOS**

Priyamvada Natarajan

YALE UNIVERSITY PRESS
New Haven & London

ПРИЯМВАДА НАТАРАДЖАН

КАРТА

ГЛАВНЫЕ ИДЕИ, КОТОРЫЕ ОБЪЯСНЯЮТ
УСТРОЙСТВО КОСМОСА

ВСЕЛЕННОЙ

Перевод с английского



ТРАЕКТОРИЯ



АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

Москва
2019

УДК 524.8
ББК 22.632
НЗЗ

Переводчики Арсен Хачоян,
Инна Черкашина (предисловие, главы 1, 2, 4)
Научный редактор Олег Верходанов, д-р физ.-мат. наук
Редактор Антон Никольский

Натараджан П.

Карта Вселенной. Главные идеи, которые объясняют устройство космоса /
Приямвада Натараджан ; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2019. — 318 с. +
+ 8 с. вкл.

ISBN 978-5-00139-052-7

НЗЗ

Веками люди воспринимали космос как статичное холодное пространство. Совсем иным он предстает перед нами сегодня в свете новейших знаний в области космологии. Образование и рост черных дыр, облака темной материи, ускоряющееся расширение Вселенной, эхо Большого взрыва, открытие экзопланет и возможность существования других вселенных — вот некоторые из космологических головоломок начала XXI в. Астрофизик Приямвада Натараджан находится на переднем крае исследований, она в буквальном смысле создает карты Вселенной — схемы распределения темной материи. В своей книге Натараджан рассказывает об открытиях, изменивших наши представления о Вселенной в прошедшем веке, о науке, стоящей за ними, и о пути признания радикальных научных теорий; размышляет о том, почему новые идеи о Вселенной и нашем месте в ней часто встречаются в штыхы даже в научном сообществе. Ведь наука, всегда меняющаяся и неполная, какой она и должна быть, — это лучший способ понять нашу чудесную, таинственную Вселенную.

УДК 524.8
ББК 22.632

Издание подготовлено в партнерстве с Фондом некоммерческих инициатив
«Траектория» (при финансовой поддержке Н.В. Катержнова).



ТРАЕКТОРИЯ

Фонд поддержки научных, образовательных и культурных инициатив «Траектория» (www.traektoriafdn.ru) создан в 2015 году. Программы фонда направлены на стимулирование интереса к науке и научным исследованиям, реализацию образовательных программ, повышение интеллектуального уровня и творческого потенциала молодежи, повышение конкурентоспособности отечественных науки и образования, популяризацию науки и культуры, продвижение идей сохранения культурного наследия. Фонд организует образовательные и научно-популярные мероприятия по всей России, способствует созданию успешных практик взаимодействия внутри образовательного и научного сообщества.

В рамках издательского проекта Фонд «Траектория» поддерживает издание лучших образов российской и зарубежной научно-популярной литературы.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети интернет и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу mylib@alpina.ru.

© Priyamvada Natarajan, 2016
Originally published by Yale University Press

ISBN 978-5-00139-052-7 (рус.) © Издание на русском языке, перевод,
ISBN 978-0-300-20441-4 (англ.) оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
1. Древние карты неба	17
2. Границы отодвигаются.....	46
3. Черная сердцевина	87
4. Невидимая решетка.....	123
5. Меняем масштабы.....	162
6. Следующий рубеж	201
7. Новая реальность и поиски иных миров.....	240
Эпилог	279
Примечания	285
Рекомендуемая литература	303
Благодарности	309
Предметно-именной указатель.....	311

ПРЕДИСЛОВИЕ

Карта космоса за последние 100 лет претерпела существенные изменения. В 1914 г. наша Галактика Млечный Путь представлялась целой Вселенной — маленькой, статичной, одинокой. Космологические исследования в те времена все еще опирались на классические принципы гравитации, разработанные в XVII в. Современная физика и триумфальные шаги общей теории относительности (ОТО) полностью изменили представление человечества о пространстве и времени. Сегодня мы знаем, что Вселенная динамична, темпы ее расширения только ускоряются, в то время как таинственные ключевые компоненты — темную материю и темную энергию — увидеть пока не удастся. Остальная материя, из которой состоят звезды и само человечество, представлена в виде таблицы Менделеева, но это всего лишь 4% от всей массы Вселенной. Мы удостоверились в существовании планет на орбитах других звезд. Мы подозреваем наличие других Вселенных. Все это говорит о невероятном научном прогрессе.

Из всех научных дисциплин космология, вероятно, оказала наиболее существенное влияние не только на нашу концепцию Вселенной, но и на наше понимание своего места в ней. Потребность в поиске собственной точки опоры и попытки объяснить природные явления уходят своими корнями в первобытные времена. Мы находим удивительное сходство в древних мифах о сотворении мира, которые помогали людям придать смысл изменчивым и суровым природным явлениям. Сверхъестественные объяснения пробуждают веру в невидимую и все же куда более могущественную реальность. Кроме того, они в значительной степени базируются на нашем ощущении чуда в мире природы.

Изобретательное человеческое воображение позволяло древним цивилизациям представлять силы, которые напрямую не присутствовали в мире, но воспринимались как вполне реальные.

Возьмем, к примеру, Энки, шумерского бога воды, гнев которого мог стать причиной наводнений. Или Индру — бога дождя и грозы в индуизме. Радуга, вытянувшаяся на небе, служила ему луком, молнии — стрелами. Самые сильные мифы — это мифы, которые требуют большой доли воображения и в то же время помогают нам почувствовать опору под ногами.

Я выросла в Индии и всегда ощущала потребность найти свое место в мире. Энциклопедия «Британника» стала моим первым путеводителем. 32 тома 15-й редакции, помещавшиеся на книжных полках моих родителей, стали для меня воплощением всех знаний человечества того времени. Словно заколдованная, я погружалась в древние атласы, карты, которые вели путешественников к новым открытиям, и карты звездного неба. Я была очарована звездами. Мои собственные картографические изыскания позволили мне впервые ощутить на собственном опыте, что такое научное исследование. Занявшись программированием на компьютере Commodore 64, для национальной газеты я написала программу, с помощью которой можно было составлять ежемесячные карты звездного неба над Дели. С той поры я была захвачена открытиями и исследованиями. Во времена учебы в бакалавриате Массачусетского технологического института (MIT) я изучала физику, математику и философию. Затем любопытство привело меня в магистратуру MIT на программу «Наука, технологии и общество», после чего я отправилась за океан в докторантуру по астрофизике в Кембриджском университете. Я стала ученым и продолжаю постигать новые знания, связанные с историей и философией науки, чтобы лучше узнать, как совершаются научные открытия и формируются наши знания. По сути, в основе моей работы как астрофизика-теоретика, связанной с составлением карты

темной материи и исследованием процесса формирования черных дыр, лежит ощущение чуда и стремление раскрыть тайны Вселенной — чувство, похожее на то, что испытывали люди древности. Меня все еще увлекает изучение карт, которые помогают нам ориентироваться, — все то, что впервые возбудило мой интерес, когда я была ребенком и жила в Дели. Я исследую отклонение света, идущего из отдаленных галактик, гравитационное линзирование, чтобы определить местоположение темной материи, которая является причиной таких отклонений. Я также исследую формирование и рост черных дыр, самых удивительных и загадочных объектов во Вселенной. В настоящее время участвую в одном из самых крупных и новаторских проектов картографирования Вселенной, когда-либо предпринимаемых человечеством, — программе Hubble Frontier Fields. Цель проекта — глубже проникнуть в отдаленные уголки Вселенной и более точно, чем когда-либо, отметить местоположение темной материи. В период с 2014 по 2017 г. камеры на борту космического телескопа «Хаббл» расходовали значительную долю времени на данный проект. Конечно, я лишь одна из многих исследователей, использующих эти уникальные наблюдения и отдающих свои силы работе по созданию масштабной карты Вселенной. Впереди нас ждет множество новых удивительных открытий. Мы, как и поколения наших предшественников-ученых, можем столкнуться с необходимостью полностью пересмотреть нынешний статус-кво.

Существует немало книг, посвященных истории космологических открытий, однако в данной работе я поставила цель по-иному взглянуть на процесс развития научных идей, то, как их оспаривали и в конце концов принимали. Чтобы следить за развитием событий, не обязательно быть астрофизиком. Примеры из области космологии, которые я привожу в работе, предназначены для иллюстрирования гораздо более обширных тенденций в сфере научных исследований и открытий. В частности, я прослеживаю развитие радикальных научных идей, которые постоянно меня-

ли карту космоса. Эволюция идеи, возникающей из мрака, получающей популярность, а затем и всеобщее признание, кажется мне крайне захватывающей. В космологии создание и уточнение карт часто отражает данный процесс, выходя за рамки картографии. Тектонические сдвиги в понимании мира в прошлом веке потребовали пересмотреть привычные «карты знаний». Но утверждение новых идей не происходит в одно мгновение, оно всегда становится предметом дебатов. По мере оспаривания учеными господствующих представлений о Вселенной наше мировоззрение и символическая карта продолжали непрерывно меняться, требуя от нас адаптироваться и быть готовыми к изменениям.

Это история необычайного полета фантазии, появления радикальных идей, подпитываемых новыми открытиями. Процесс принятия идеи раскрывает различные стороны как всей науки, так и отдельных ученых — эмоциональные, психологические, личные и социальные, выходящие за рамки чисто интеллектуального стремления к знаниям. Это видение противоречит популярной точке зрения, что наука состоит лишь из исследований с целью получения фактических данных об устройстве мира. Дело в том, что наукой занимаются люди и она строится из переплетения субъективных мнений.

Споры и разногласия в научном сообществе являются неотъемлемой его частью, и мы заостряем на них внимание именно потому, что они демонстрируют, как новые идеи борются за право на существование. Именно поэтому мне интересно, почему возникают споры в сообществе космологов и как разрешаются. Эти споры не прекращаются, поскольку свойственны самой природе научных поисков. Научный ум совершенствуется и приобретает гибкость в процессе дискуссий, которая ежедневно подвергается проверке и позволяет ученым преодолевать потрясения от новых открытий, подвергающих сомнению основы знаний. Я показываю, как космологи справляются с этими переменами и уточняют свои «карты знаний», творчески используя энергию любознательности.

Это мощное слияние новых идей и новых технологий, меняющее наше знание о космосе. Возьмем, например, изобретение спектрографа, который раскладывает свет на составные части, позволяя дистанционно изучать химический состав далеких звезд; мощные телескопы и чувствительные камеры, обладающие невероятно высоким разрешением; или компьютеры, способные хранить и обрабатывать огромные массивы данных — все это породило новые идеи и позволило ученым их подтвердить или опровергнуть.

В последние несколько десятилетий исследователи проникли еще дальше вглубь пространства и времени, используя сложные детекторы и спутники. Мы описали реликтовое излучение, исследование которого приближает нас к моменту творения — Большому взрыву. На нашем собственном «заднем дворе» мы обнаружили тысячи планет, вращающихся вокруг звезд за пределами Солнечной системы. Тем не менее осталось много тайн.

С древних времен мы наслаждаемся величием ночного неба, состоящего из тысяч неподвижных точек света — звезд, восходивших и заходивших в одно и то же время. Однако в 1718 г. британский астроном Эдмунд Галлей, второй по значимости астроном Королевства Великобритания, обнаружил, что координаты звезд постепенно меняются. Например, звезды Сириус, Арктур и Альдебаран сместились далеко от тех мест, которые описаны древнегреческим астрономом Гиппархом около 2000 лет назад. По-видимому, «неподвижные» звезды блуждали.

Такие неожиданные, дезориентирующие открытия распространены в космологии, и нынешнее понимание расширяющейся с ускорением Вселенной аналогично перевернуло наши привычные представления. Все началось в 1543 г., когда Николай Коперник переместил ось вращения мира с Земли на Солнце, вокруг которого мы «с тех пор» обращаемся. Теперь общеизвестно, что речь идет о Солнечной системе, но в то время считалось, что Солнце — центр Вселенной. Открытие движения звезд привело к еще большим

изменениям нашего понимания Вселенной. В 1920-х гг. были открыты другие галактики, что говорило о том, что Млечный Путь — всего лишь одно скопление звезд среди многих, а затем было доказано, что Вселенная расширяется, и астроном Эдвин Хаббл подступил к изучению происхождения и эволюции Вселенной. Сегодня у нас есть изображения нескольких миллионов галактик и данные о них, многие из которых настолько далеки, что их свет, который мы видим, возник, когда Вселенная находилась в зачаточном состоянии, то есть в возрасте миллиарда лет при нынешних 13,8 млрд. Эти открытия являются частью более обширной истории о том, как мы пришли к некоторым из самых замечательных идей в космологии за последние 100 лет и как эти идеи получили развитие. Человеческий фактор науки, избыливающий личным соперничеством, столкновениями амбиций и поиском славы, тормозил или же, наоборот, продвигал многие открытия. Человеческое стремление к безопасности и сохранение статус-кво вступают в действие, когда мы сталкиваемся с драматическими изменениями. Эта инстинктивная инертная реакция на новые радикальные идеи препятствует принятию перемен в нашем глубоко укоренившемся мировоззрении. Ученые не освобождаются от этого и часто сопротивляются новому, пока не примут убедительные доказательства.

Понятие Вселенной как часового механизма, управляемого универсальными законами, такими как законы Ньютона, были быстро приняты, потому что картина такого мира давала ощущение стабильной и неизменной Вселенной. Даже революционная гелиоцентрическая система мира Коперника, поначалу воспринятая в штыки, в конце концов прижилась, поскольку сохраняла понятия неподвижной Вселенной, просто ее центр переместился от нас к Солнцу.

Революционные космологические открытия XX и XXI вв. — расширяющаяся Вселенная, темная материя, черные дыры, модель Большого взрыва, многочисленные экзопланеты — перевернули наше представление о Вселен-

ной. Она предстала перед нами как нечто постоянно меняющееся, где мы одновременно уникальны и в то же время ничтожны в грандиозном мире.

В этой книге я прослежу развитие космологических идей из концепций к закономерностям, подчеркивая их неожиданные повороты и отмечая мощное преобразующее воздействие на эволюцию нашего мировоззрения. Этот тектонический сдвиг понимания Вселенной как неподвижной и статичной структуры к структуре постоянно меняющейся требует постоянного преобразования нашего видения космоса. Новые открытия в космологии лишают нас точки опоры и часто вызывают дискомфорт даже у самих открывателей. Наблюдение за постепенной эволюцией ученых, появление у них способности принимать новые идеи и перестраивать карты знаний не только показывают, как работает наука, но и дают представление о том, что становится катализатором изменения мировоззрения. Преображающее влияние науки как объективного метода познания окружающего мира раскрывает эмоции и страсти, захватывающие ученых. По своей сути внутренняя природа этого познания лучше всего иллюстрируется тем фактом, что научный прогресс, сопровождаемый внезапными озарениями, приводит к непредвиденным и изначально непостижимым последствиям. Я раскрываю этот сложный, волнующий процесс в свете меняющейся практики науки. Мы вступили в эпоху большой науки, которой предоставляются огромные инвестиции человеческого интеллектуального капитала и других ресурсов, а также работа с крупными командами и опыт многих технических квалифицированных исследователей. Этот сдвиг в масштабах исследовательских усилий ученых затронул и работы, связанные с космологией.

Например, широкомасштабный проект «Слоуновский цифровой небесный обзор» (Sloan Digital Sky Survey), целью которого было составить подробные трехмерные карты трети всего неба, опирался на команду из нескольких сотен ученых из более чем 40 научно-исследовательских инсти-

тутов по всему миру. Хотя научные исследования в космологии не так масштабны, как в экспериментальной физике частиц, где задействованы тысячи ученых, астрономия стала свидетельницей резкого увеличения рабочих групп, которые каких-то 30 лет назад состояли из 2–3 человек. По мере развития космологии, требующей использования все более сложных инструментов и технологий, требуется больше ресурсов. Драматические изменения в способах исследования и сложность новых инструментов породили новые междисциплинарные области науки, такие как, например, астрофизика частиц, находящаяся на стыке астрофизики и физики частиц. Эта трансформация масштаба и культуры науки привела к исчезновению образа ученого как чудака с неопрятной шевелюрой. Сегодняшняя большая наука имеет огромный потенциал для ускорения исследований и получения результатов, а также самый разнообразный характер вопросов, которые ученые могут задавать и исследовать.

В наше время происходят эпохальные события в науке, и важно понимать, как она работает. Я считаю, что более точное представление о том, как ученые проводят исследования и совершают открытия, даст более глубокое понимание природы самой науки. Статистика сообщает, что большая часть населения не в состоянии понять суть современных научных исследований и с подозрением относится к работе ученых. Сложный процесс самоидентификации, а не аргументация формирует доверие. Психология человека играет важную роль в принятии изменений. Наше отношение к изменениям глубоко связано с нашим самоощущением. В быстро меняющемся мире, где с головокружительной скоростью развиваются наука и технологии, мы пытаемся обрести ощущение стабильности, поскольку она придает смысл нашей жизни. Многие недавние публичные дискуссии отвергли научные выводы, как и «голую теорию», будто некий недостаток. Но красота науки заключается в том, что, хотя теория всегда условна, она предоставляет лучшие доказательства и объяснения для текущего момента. Несмотря

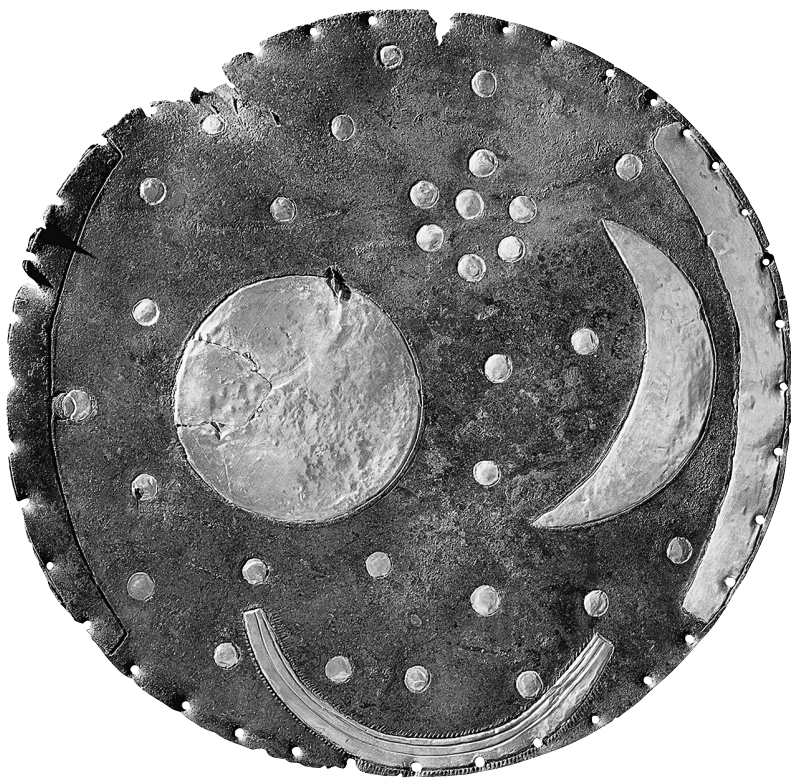
на то что в науке по мере появления новых данных некоторые теории периодически пересматриваются, она основана на воспроизводимых доказательствах, которые дают научную оценку гипотезам.

Понимание силы и условного характера научного мышления — вызов нашего времени, и на последующих страницах я предлагаю взглянуть на мир с позиции космологии — сложной и условной стороны астрономии. Мы увидим, как выдающиеся ученые неоднократно боролись за принятие радикальных новых идей и в конце концов им это удавалось. Надеюсь, книга поможет вам понять (или подтвердить свое понимание), что, хотя наука как человеческое стремление не является абсолютно объективной, она по-прежнему предлагает лучшие рецепты для получения доказательств и познания нашего мира. Наука сама корректирует свои отклонения в ту или иную сторону. Она — лучший для нас способ ориентироваться в этой чудесной Вселенной и понимать ее. На протяжении веков именно наука помогала нам составлять чертеж взаимосвязей естественного мира. И как любая хорошая карта, он указывает, куда двигаться.

ДРЕВНИЕ КАРТЫ НЕБА

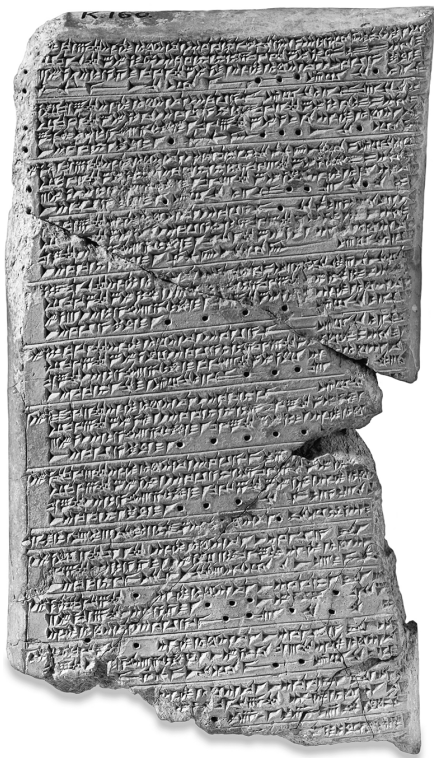
Первоначально человек владел всего одним инструментом для изучения космоса — своими глазами. Люди тех времен воспринимали мир через призму мифа, а не науки, и любые невидимые, таинственные, сверхъестественные силы, которые управляли движением планет и звезд, ассоциировались с деяниями богов. Когда в древности люди поднимали взгляд к небесам, они ожидали от них благоприятных и предсказуемых действий. И точно так же, как и мы сейчас, наши предки фиксировали результаты своих космологических изысканий: они создавали карты.

Одним из первых изображений звездного неба стала выполненная из меди и золота чеканная пластина, датируемая периодом с 2000 по 1600 г. до н.э. Она относится к унетицкой культуре бронзового века. Находка была обнаружена в регионе Саксония-Анхальт на территории Восточной Германии. Судя по всему, на пластине изображено Солнце или полная Луна, лунный серп и звезды. С точки зрения современного человека, на ней также присутствуют Плеяды, что вполне возможно, так как это звездное скопление отчетливо видно на ночном небе даже невооруженным глазом. Металлический диск, вероятно, служил своего рода дневником наблюдений, в который с течением времени добавляли новую информацию. Одно такое дополнение выглядит как две золотые дуги по бокам диска, которые, судя по всему, обозначают местоположение закатного Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояния, фиксируя, таким образом, позиции Солнца



Небесный диск из Небры (2000–1600 гг. до н.э.) является артефактом Унетицкой культуры бронзового века, обнаружен при раскопках в 1999 г. в регионе Саксония-Анхальт в Германии. (Государственное представительство Управления наследия и археологических исследований земли Саксония-Анхальт, Юрай Липтак)

в самый длинный и самый короткий день в году. Также мы можем видеть дугу в нижней части диска, от которой расходятся многочисленные линии. Она имеет множество толкований: Млечный Путь, радуга или многovesельная солнечная лодка — мифологический способ передвижения Солнца. Мы почти ничего не знаем о способах использования этого предмета. Но можем предположить, что люди, которые пользовались пластиной, каким-либо образом связывали происходящее на Земле с небесными событиями.



Табличка наблюдений Венеры (VII в. до н.э.) считается частью более длинного вавилонского астрологического текста «Энума Ану Энлиль», который сопоставляет небесные явления с предзнаменованиями.

© Trustees of the British Museum

Жители Вавилона, которые заинтересовались небом спустя приблизительно девять столетий после появления Небесного диска, с большой тщательностью относились к записи данных астрономических наблюдений. Британский археолог Остен Генри Лейард и его экспедиция, организованная в XIX в. с целью проведения раскопок на месте великих библейских городов в Месопотамии (Междуречье), обнаружили и восстановили целый клад, состоящий из скрупулезно систематизированных данных астрономических наблю-

дений. Их находка включала копии еще более древних наблюдений, которые были собраны и записаны жителями Месопотамии. Среди тысяч клинописных табличек, которые Лейард и его коллеги обнаружили на территории современного Ирака, был найден документ, содержащий наблюдения Венеры¹.

Археологи считают, что табличка с данными о Венере была создана во времена правления царя Амми-цадуки и что это один из сотен тысяч документов, которые демонстрируют степень интереса вавилонян к записи данных астрономических наблюдений. Переводы клинописной таблички показывают, что жители Вавилона понимали различие между мерцающими звездами и планетами, которые сияют, испуская ровный свет. Они знали, что на небе есть пять подобных блуждающих точек, которые двигаются отдельно от звезд. Слово «планета» отражает подобные ранние описания, так как происходит от греческого слова *πλανήτης* — «блуждающий». Одно из небесных тел двигалось с запада на восток относительно других звезд. Самым странным было то, что примерно каждые два года оно радикально меняло направление движения на 90 дней, а затем возвращалось к своему восточному маршруту. В Вавилоне зарегистрировали этот объект и его удивительный ход в обратную сторону. Сегодня мы понимаем, что такая особенность в движении Марса является результатом сочетания маршрутов двух планет: когда Земля и Марс проходят по своим орбитам вокруг Солнца, для наблюдателя с Земли Марс поворачивает в обратную сторону. Вавилоняне искали закономерности и вели подробные наблюдения за странным движением Красной планеты, включая ее необычный возвратный маршрут. Кометы, которые могут появиться на любом участке небосвода, считались предвестниками беды, плохими предзнаменованиями, предрекающими земные катаклизмы. На основании хронологии движения небесных тел в ночном небе можно догадаться, что многие древние цивилизации отмечали регулярность небесной активно-

сти и пытались предсказать будущее положение объектов. Вероятно, успех в данном мероприятии помогал им примириться с природой. Карты древности связывали мир небожителей с земным миром².

В наши дни данные астрономических наблюдений используются для подтверждения или опровержения астрофизических гипотез и моделей, в древности же человек видел куда более тесную связь небес с обыденными событиями. Фиксация текущих небесных явлений служила для предсказания будущих событий, но древние не стремились объяснить закономерности или докопаться до причин. Их целью было отмечать передвижения небесных тел и разрабатывать описания, которые позволили бы точно предсказать будущее. Так была заложена основа астрономии — наблюдения. В конце концов из наблюдений и ведения соответствующих записей родилась эта наука, пусть даже первоначально толкования перемещений данных тел едва ли имели какое-либо отношение к научной сфере. Эта ранняя традиция, заключающаяся в сборе наблюдений за ночным небом, имела ключевое значение. Благодаря ей общество стало инстинктивно связывать наше место на планете с нашим местоположением в космосе.

Жители Вавилона были не способны понять научное значение блужданий небесных тел, однако данные их наблюдений служили не только религиозным, но и практическим целям. Например, закономерности в небесных явлениях имели огромное значение для сельскохозяйственных циклов. Обратите внимание на запись наблюдения на табличке Венеры: «На пятнадцатый день месяца Венера исчезла с небес и оставалась невидимой три дня. Затем на восемнадцатый день одиннадцатого месяца она вновь появилась на восточном краю неба. Заструились новые ручьи, бог Адад послал дождь, а бог Эа послал свои наводнения»³. Обратное движение Венеры означало проливные дожди на Земле. В индуистской мифологии Индра, высшее божество и бог бури,

имеет разные имена: Повелитель молнии, Собиратель бурь и Даритель дождя. Он вечно сражается с демонами подземного мира и борется со злом от имени сил добра. Он является Демиургом — фигурой ремесленника, который, по поверьям, вылепил физическую Вселенную, исключительно материальный мир. А Творец — это тот, кто вознес на небо зарю, поэтому ему необходимо поддерживать регулярную смену дня и ночи.

Поскольку в те времена никто не использовал данные наблюдений для поиска физических закономерностей, люди древности, не имея научных теорий и развитых технологий, изобрели астрологию. Например, согласно древнеиндийской астрологической традиции, ночное небо делилось на зодиакальные дома, которым соответствовало множество замысловатых мифологических историй, объяснявших их форму. У каждой планеты был свой правитель и соответствующий характер. Марс, например, обладал воинственным темпераментом, и его избранники (люди, рожденные на его участке натальной карты) были агрессивны, сварливы, обожали оружие и имели способности к технике и механике.

И только во времена древних греков человеческое мировоззрение стало опираться на логику, информацию и фактический материал. Их появление на мировой сцене пошатнуло теорию сотворения мира, согласно которой мироздание покоилось на спине черепахи, ее снизу поддерживала другая черепаха... и так далее. Этот образ (иногда с небольшими вариациями) господствовал вплоть до VI в. до н.э. Но в сравнении со знаменитыми городами и царствами Античности, среди которых Иерусалим и Вавилон, зарождающийся греческий мир нес в себе что-то совершенно иное, новое и стремительное. В отличие от античных царств он состоял из нескольких политически независимых городов-государств, которые имели свою автономию и существовали разобщенно. Активно формирующаяся культура, отличавшаяся открытостью для вопросов и споров, перестроила правящий небесами пантеон. Боги обрели новый облик,

при этом к смертным перекечевали с небес власть и свобода воли. По сути, небожители несли в себе отражение человеческих пороков, и пропасть между божественной безупречностью и человеческим несовершенством стала уже.

В таком мире в 610 г. до н.э. на ионическом побережье в городе Милетус на территории современной Турции родился Анаксимандр. Ему приписывают создание картины мира, в которой Земля в виде цилиндра дрейфует в пространстве, окруженная небесами, и ни одно существо не держит ее сверху. Он считается первым человеком, сделавшим вывод о свободно подвешенном состоянии Земли. Это заметно изменило мировоззрение, будучи невероятным шагом вперед, который стал символом новой интерпретации космоса.

И хотя перемены были в высшей степени радикальными, толчком к изменению восприятия стали не только мысли Анаксимандра о связи между небом и Землей, но и интеллектуальный процесс, в ходе которого он вышел к своим идеям. Его учитель Талес, как считают, отказался от мифологических толкований, однако именно Анаксимандр запустил процесс переосмысления нашего мира, подвергнув сомнению то, что казалось незыблемым. Такой вид исследования — необходимый и определяющий элемент нашего нынешнего научного подхода. Попытка Анаксимандра объяснить мироздание и пролить свет на происхождение человека и возникновение мира с помощью одного всеобъемлющего описания была одной из самых впечатляющих и ранних, а может быть, и первой. Если в истории существует момент, который мы могли бы назвать поворотной точкой, то это время, когда Талес и Анаксимандр, оба жители Милетуса, разрабатывали новое фундаментальное мировоззрение. Анаксимандр не стал пассивно принимать статус-кво. Он стремился к знаниям и понимал, что они постоянно эволюционируют. Его понимание не было абсолютным или статичным. Оно требовало вопросов, сомнений и постоянных доработок⁴.

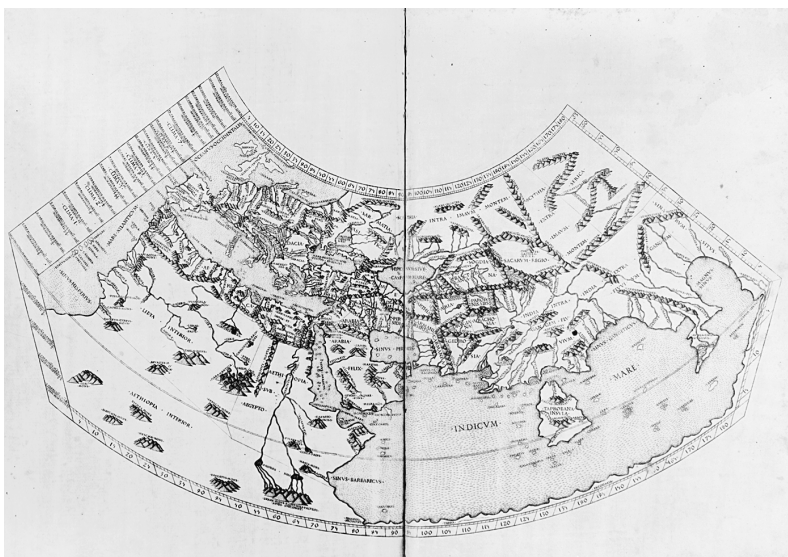
Одним из столпов критического мышления, который представляет собой ключевой элемент всей астрономии, является желание ставить вопросы под влиянием любопытства. Другой столп — вечное желание человечества узнавать и создавать то, что мы называем картой. Мы не можем недооценивать значение данной буквальной и практической связи между небом и Землей, которая развивалась одновременно с геодезией — наукой о глобальном позиционировании. Магнитный компас, изобретенный в Китае примерно в 200 г. до н.э., стал инструментом, который в итоге оказал важнейшее влияние на геодезию. Изготовленные с использованием магнитного железняка, материала, который встречается в естественном виде в магнетитовой руде, такие приборы реагируют на магнитное поле Земли. Однако в те времена компасы использовались только в качестве инструментов фэншуй, для гармонизации окружающего пространства. И только приблизительно в 1040 г. н.э. китайцы стали использовать компасы для навигации по суше, в том числе в военных целях; при этом понадобилась еще сотня лет, чтобы компас вошел в обиход мореплавателей. Историки до сих пор спорят о том, как знания о магнетизме распространились из Китая на Запад, однако есть весомые доказательства, что именно китайцам принадлежит слава создателей компаса. Так что остальному миру появления компаса пришлось подождать, а для стремительного прорыва в развитии картографии — выйти за пределы земного и создать карту небес. Звезды в ночи помогали людям древности вести суда в океанах, а наше Солнце позволило измерить размер Земли⁵.

Одной из первых вех в картографии стало измерение в 240 г. до н.э. окружности Земли греческим астрономом Эратосфеном. Он заметил, что в городе Сиена (современный Асуан) ежегодно в самый длинный день (летнее солнцестояние) в полдень отсутствует тень. Он знал, что в Александрии, его родном городе, расположенном ниже по Нилу на севере Египта, в этот же день Солнце находилось над городом не строго по вертикали, поэтому он измерил разницу

в положении светила, посчитав угол, которую отбрасывала тень высокой башни в Александрии. С помощью геометрии и известного ему расстояния между городами он получил длину окружности Земли, всего на 16% отличающуюся от имеющегося сегодня значения, близкого к 40 000 км.

Математика предоставила возможности для совершенно нового подхода к восприятию космоса — произошел сдвиг от мифоса к логосу, к физической и геометрической концепции астрономических явлений, которая позволила анализировать закономерности. Гиппарх из Никеи (190–120 гг. до н.э.) считается одним из величайших астрономов античного мира. Многие приписывают ему изобретение тригонометрии и создание первых эффективных моделей движения Солнца и Луны. Скорее всего, он пользовался вавилонскими хрониками затмений и положений планет. Основываясь на работах жителей Вавилона и Месопотамии, Гиппарх составил актуальный каталог звезд и разработал, как считают, первые количественные, геометрические и математические описания астрономических явлений. Во II в. н. э. астроном, математик, картограф и астролог греко-египетского происхождения по имени Клавдий Птолемей сделал следующий шаг в понимании движения небесных тел. Унаследовав от Гиппарха данные 300-летней давности, он сопоставил все астрономические таблицы и геометрические модели греческих ученых в виде всеобъемлющего трактата — «Альмагеста». Но Птолемей не просто собрал воедино данные — он создал новую модель неба, которая соответствовала всем имеющимся данным⁶.

Физическая модель мира Птолемея состояла из встроенных сфер, и его комплексные таблицы позволяли производить расчет будущих положений планет. Для каждой планеты он использовал по четыре наблюдения за длительный период времени, что позволило получить максимальное преимущество при измерении их циклов. Самое раннее наблюдение, которое он взял для работы, относится к 700 г. до н.э. и, вероятнее всего, является результатом работы Гиппар-



Карта мира Птолемея (1478). Птолемей знал, что Земля имеет сферическую форму, а его отсчет широт от экватора используется до сих пор. Предоставлено Библиотекой Конгресса США

ха по сведению воедино вавилонских хроник. Если учесть, что ключевой интерес в отношении положений планет все еще был связан с прогнозированием земных явлений, никого не удивит, что Птолемей обратился также к земной картографии. В то время как «Альмагест» указывает положения планет на небе, а также лунные циклы, его аналог под названием «Географика» содержит местоположения городов и опознавательных ориентиров на Земле. Птолемей воспринимал обе карты в тандеме: выстроив порядок небесного царства с помощью вложенных сфер, он закрепил местоположения всех известных земных точек на сетке. Так как планеты и Солнце движутся по эклиптике, Птолемей воспользовался эклиптическими координатами — сеткой с Землей по центру в том виде, в котором она представляется с внешней стороны небесной сферы, — для создания карты звезд-

ного каталога. С этого момента Земля и небо проецировались с помощью координат на поверхности сферы. Птолемей создал карту небес на основании постоянной привязки к эклиптике, а карту Земли — к широте, измеренной от экватора. Возможность предсказывать положения небесных тел позволила «Альмагесту» сохранять значимость на протяжении Средних веков.

Греки также разработали математический аппарат для изучения дуг, составляющих половину круга, и углов, противолежащих хордам, которые соединяют центр круга с его окружностью. Но математика, конечно, черпала новое и за пределами Греции. Индийцы дополнили математику эллинов. В частности, математику Ариабхате, который занимался исследованиями в V в. н.э., приписывают описание тригонометрических функций через бесконечные ряды, что позволило ему разработать подробные таблицы значений для синусов и косинусов углов. Для отображения неба на небесном глобусе и Земли на земном глобусе требовалось приложить двумерную Евклидову геометрию к изогнутым поверхностям. В период с VII по XI в. арабы и индийцы создавали сферическую тригонометрию. Расширение геометрии для описания отношений между сторонами и углами треугольников на поверхности сферы имело решающее значение для астрономии, для определения местоположения звезд на глобусе, для геодезии, для понимания влияния кривизны Земли при навигации, так как отдаленные точки Земли теперь становились более доступными.

Развивающиеся торговые маршруты способствовали знакомству персидских и арабских математиков с новыми знаниями индийской математики, которые они транслировали и широко распространяли по всему средневековому исламскому миру. Математик Ал-Джайяни из Аль-Андалуса написал работу, которую считают первым всеобъемлющим трактатом по сферической тригонометрии, — это «Книга о неизвестных дугах сферы» («Китаб маджхулат киси ал-кура»). Применив теорему Птолемея, определяющую долготную

разницу между двумя точками на Земле в терминах их разницы по широте и расстоянием по дуге большого круга между ними, математик Рейхан Аль-Бируни в XI в. использовал маршруты караванов для получения разницы в широте между Багдадом и другими городами⁷.

Астрономии необходим синтез наблюдений с теоретической и математической базой, кроме того, требуется продуманный анализ причины и следствия. Хотя модель Птолемея могла отобразить движения планет и указать положение на карте самых ярких звезд, зафиксированных жителями Вавилона, он не искал пояснений для интересующего нас вопроса — причины движения планет.

И снова ключом к ответу были технологии, которые продолжали развиваться. Компас, изобретенный в 200 в. до н.э., появился в западном мире примерно 400 лет спустя. В трактате «О природе вещей» (*De naturis rerum*) Александр Неккам рассказывает о магнитном компасе и его употреблении в навигации примерно за 40 лет до упоминания о нем в персидской книге сказаний, датируемой 1232 г., «Книге сокровищ купцов» («Китаб канз ал-туяр фи мари фат ал-ахяр»), автором которой был Байлак Аль-Кибьяки из Каира⁸.

Наработки в инструментах математики и картографии в итоге привели к появлению радикально нового вида карт — таких, которые соответствуют масштабу. Портуланы (морские карты) сочетали в себе установленные с помощью компаса направления и измеренные морями расстояния. Развитие этих карт приблизило так называемую Эпоху открытий, обозначившую начало эры точных измерений в астрономии. Последовавшая охота за властью и добычей путешествующих по морю европейцев подогревала развитие науки и способствовала изобретению новых приборов. Как подразумевает само название, которое произошло от латинского слова, обозначающего «порт», портуланы были сосредоточены на деталях прибрежных линий и обозначенных с их помощью маршрутах: на картах были отмечены линии, соединяющие между собой известные прибрежные



Пизанская карта (1296) — самая старая сохранившаяся морская карта, охватывающая область от современных Нидерландов до Марокко. Этот портулан подробно показывает побережье, острова и достаточно точно указывает расположение портовых городов. Карта нарисована в масштабе. Предоставлено Национальной библиотекой Франции

города и позволяющие произвести расчет расстояния, а также времени, необходимого для путешествия. Самый древний из сохранившихся портуланов — Пизанская карта, которую датируют 1296 г.

Если портуланы становились все более точными за счет использования звезд при создании карты Земли, карты неба не только сделались более выверенными, но и стали гораздо тщательнее отображать углубляющиеся объяснения космических явлений. Изменение в методах и возможностях толкования, которое отражало важные концептуальные метаморфозы, особенно заметно на картах неба. Рассмотрим для примера карту космоса, которая появляется в «Бревиарии любви» (*Le Breviari d'Amor*) — украшенной иллюстрациями рукописи, авторство которой приписывают Матфре Эрменгау де Безье, опубликованной в период между 1375 и 1400 гг.⁹

Этот рисунок изображает аристотелевскую и птолемеевскую точки зрения на Вселенную; царство неподвиж-

ных, неизменных идеальных звезд четко отделено границей на верхнем ободе. Все несовершенства ограничены земной сферой, внутри которой находятся изменяющиеся элементы — Огонь, Вода, Земля и Воздух. Все остальное считается чистым и совершенным. Обратите внимание, как это изображение связывает видение небесной силы с механистическим восприятием: ежедневные перемещения Солнца и Луны показаны как результат работы ангелов, которая приводит к вращению Земли. Итак, здесь мы видим упорядоченный космос Птолемея, который тем не менее приводится в движение за счет ангелов — они изображены вращающими ручку, которая часто используется в качестве метафорического устройства. Эта карта демонстрирует жизнестойкость мифологии или духовных элементов, соседствующих с математическим представлением. Здесь ангелы занимают понятийный вакуум, который позже был заполнен гравитационными законами Исаака Ньютона. Ньютон, конечно, рассматривал гравитацию не как свойство материи, но как проявление высших сил. Он верил в высшие силы как фактор, ответственный за движение планет.

Трактовки Вселенной становились более подробными пропорционально развитию миропонимания. Аналогичным образом изменения в восприятии Вселенной также отображались в рамках картографии. Некоторые из особенно витиеватых средневековых толкований космоса можно найти в «Каталанском атласе» (Catalan Atlas), опубликованном в 1375 г. Это одна из наиболее значительных компиляций времен Средневековья, которая отображает концепции Земли и неба. Автором данного атласа считают еврейского астронома и картографа Авраама Крескеса. Земля на изображении окружена кольцами, олицетворяющими четыре ключевых элемента и семь сфер, которые обозначают орбиты известных на тот момент планет. За их пределами находятся Луна, Солнце и неподвижные звезды. Эта карта свидетельствует о переходе от эпохи ангелов к эпохе инструментов. Ангелы больше не приводят в движение космос, вместо это-