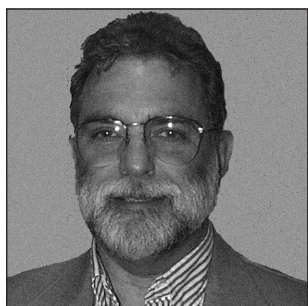




Технологии в науке: инструменты и их функции

ДЖОЗЕФ ПИТТ (США)¹



Технологии задействованы в науке разными способами. В этой статье я буду обсуждать в первую очередь роль инструментов. Цель данной статьи состоит в том, чтобы проследить эволюцию двух видов инструментов – микроскопов и телескопов – в контексте научных, социальных, финансовых, исторических, географических и философских случайностей, которые определили их развитие. Цель состоит не в том, чтобы предложить наиболее полное рассмотрение, а скорее в том, чтобы осветить ряд вопросов и сформулировать в качестве заключения некоторые наблюдения о вкладе инструментов в историю науки.

Ключевые слова: микроскоп, телескоп, техника, технология, история науки.

Технологии задействованы в науке разными способами: оборудование лабораторий и обсерваторий, чашки Петри для биологических экспериментов, сверхпроводящие коллайдеры, счетчики Гейгера для геологов, государственные фонды для

¹ Джозеф Питт (Joseph Pitt) – американский философ, профессор философии Политехнического университета Вирджинии. Питт является автором нескольких книг и множества статей по истории и философии науки и технологий. Сфера его научных интересов включает эпистемологию, историю философии (Галилей, Юм) и американский прагматизм. Он является главным редактором журнала «Исторические, философские и социальные перспективы науки», издаваемого MIT, и главным редактором журнала «Thechne: исследование по философии и технологиям».



поддержки исследований, университеты, создающие условия для исследований, гидролокаторы и множество других инструментов и ситуаций. В этой статье я буду обсуждать в первую очередь роль инструментов. Может показаться естественным свести это обсуждение к роли инструментов в экспериментах, но поскольку инструменты функционируют в науках самыми разнообразными способами, такое ограничение обсуждения только на первый взгляд сужает его, а в действительности открывает огромную тему.

Существуют разные виды научных инструментов. В общем они представляют собой изобретения, которые расширяют нашу способность исследовать природу. Если принять во внимание количество и разнообразие таких изобретений и попытаться исследовать тот вклад, который они вносят в науку, мы столкнемся либо с необходимостью проведения детального анализа того, как функционирует каждый инструмент в контексте научного предприятия², либо сведем все к неопределенным и обманчивым обобщениям. Чтобы избежать этих сирен, я предлагаю сузить тему и сконцентрироваться на нескольких примерах инструментов, в нашем случае это будут телескопы и микроскопы.

Роль телескопов и микроскопов в науке исследовалась историками, социологами, философами, учеными и др. Цель настоящей статьи состоит не в том, чтобы подвергнуть критике их работу, но в том, чтобы в опоре на нее проследить эволюцию двух видов инструментов в контексте научных, социальных, финансовых, исторических, географических и философских случайностей, которые определили их развитие. Цель состоит не в том, чтобы предложить наиболее полное рассмотрение, а скорее в том, чтобы осветить ряд вопросов и сформулировать в качестве заключения некоторые наблюдения о вкладе инструментов в историю науки.

История развития инструментов интересна по нескольким причинам. Во-первых, интересен сам по себе вопрос о том, почему и как некоторые вещи имеют именно такую форму и функцию. Во-вторых, по всей видимости, невозможно предсказать, каким станет инструмент в процессе развития, таким образом, можно зачастую ожидать развязки этой истории с определенной долей предвкушения. Причинами неопределенности отчасти являются технические ограничения то-

² В существенной степени это уже было сделано в работе: *Instruments of Science: An Historical Encyclopedia* ; R. Bud, D.J. Warner (Eds.). N.Y. ; L.: The Science Museum, London; The National Museum of American History, Smithsonian Institution, in Association with Garland Publishing Co., 1998.



го времени, когда инструмент вводится, и неожиданные технологические прорывы будущего. Отчасти она является результатом влияния различных социальных факторов и взаимодействия между инструментами и их науками. Мы никогда не знаем, что случится в следующий момент. Наши инструменты не существуют изолированно, скорее они вписаны в сложный мир миров, которые изменяются с разной скоростью, оказывая влияние друг на друга. Сравнительный анализ микроскопа и телескопа может пролить свет на эту сложность.

История гласит, что Галилей услышал про эти два изобретения от бродячего торговца и построил свой вариант обоих инструментов. Но первоначально Галилей направил телескоп не на небеса. Будучи всегда озабоченным проблемой добычания денег и имея нескольких иждивенцев, он быстро увидел способ использования телескопа для финансовой выгоды. В то время ученый работал в Падуанском университете, который был частью Венецианской империи, и предложил телескоп в качестве подарка венецианскому дожу. Могущество и богатство Венеции в значительной степени зависели от ее торгового флота. Но в те времена Средиземноморье было наводнено пиратами. По мысли Галилея, капитаны кораблей могли бы использовать телескоп, чтобы видеть корабли до того, как они сами могут быть увиденными, и таким образом потенциально избегать столкновения с пиратами. Дож был очень впечатлен и предложил Галилею повышение жалованья, на которое Галилей рассчитывал. Фактически он удвоил свою зарплату с 500 до 1000 скудо. Но договор включал также пункт о том, что никаких дополнительных увеличений зарплаты не будет. Это разозлило Галилея, и он начал предпринимать попытки вернуться в родную Флоренцию, чтобы работать на великого герцога Козимо. Эти попытки увенчались успехом.

Во время своего визита во Флоренцию Галилей был приглашен во дворец на обед. Козимо, по всей видимости, был увлечен звездами и ночным небом, а у Галилея случайно оказался с собой телескоп. Согласно рассказу Стиллмана Дрейка³, после обеда Козимо и Галилей вышли во двор и Галилей показал Козимо, как использовать телескоп, чтобы рассматривать небо. Это так понравилось Козимо, что принесло Галилею назначение на должность главного философа и мате-

³ Drake S. Galileo at Work; his Scientific Biography. Chicago : University of Chicago Press, 1978.



матика при дворе. Назначение освободило Галилея от преподавательских обязанностей и дало ему время на собственные исследования небес, данные которых он опубликовал в 1610 г. в «Небесном почтальоне» (Sidereus Nuncius), где содержались некоторые из результатов его наблюдений, включая зарисовки поверхности Луны, на основе которых он утверждал, что Луна покрыта горами.

Согласно основной теории того времени, которая с современной точки зрения представляла собой странный гибрид аристотелевской физики и птолемеевской астрономии, небеса должны двигаться по идеальным окружностям и быть совершенными, чистыми и без недостатков. Наличие гор на Луне предполагало, что Луна была не вполне совершенной, а возможно, даже порочной, – свойство, которым, как считалось, обладала только Земля. Таким образом, использование этого простого инструмента с его двумя линзами из грязного стекла, заключенными в кожаную трубу, ускорило радикальный переворот в представлениях о структуре универсума, нашем месте и роли в нем и имело в качестве своего результата становление новой ньютоновской физики. Возможно, тезис о том, что все это связано с введением телескопа в научную работу, является слишком сильным. В конце концов уже тогда высказывалось неудовлетворение теоретическим объяснением небес, предлагаемым в то время. Коперник, например, выражал неудовлетворение птолемеевской астрономией; следует заметить, что существует много версий основной птолемеевской модели, каждая из которых направлена на устранение какой-то проблемы. Однако, без сомнения, доклады Галилея о его наблюдениях через телескоп сыграли ключевую роль в последующем перевороте, и все это благодаря его неудовлетворенности жалованьем.

Но что можно сказать о галилеевском микроскопе? Не вполне ясно, почему он не завоевал популярности, однако сам Галилей использовал его и записывал некоторые наблюдения в свои тетради. Существует множество спекуляций о ранних успехах и поражениях микроскопа, не только галилеевского. Но в случае с Галилеем С. Брэдбери предлагает разумное объяснение: «Галилеевский телескоп можно использовать как микроскоп, если увеличить расстояние между его линзами, и, без сомнения, Галилей сам открыл этот факт. В таких условиях, однако, изобретение Галилея страдает от серьезного недостатка – слишком ограниченной области обзора; это, а также то, что требовалось неудобно большое рас-



стояние между линзами, без сомнения, стало причиной, по которой микроскопы не получили широкого использования»⁴.

Несмотря на эти проблемы и явный провал галилеевского микроскопа, микроскоп был широко распространен как инструмент в XVII в. Однако вряд ли он служил научным инструментом. В лучшем случае он использовался для исследования мира малых объектов, который ранее был недоступен.

Любопытен тот факт, что телескоп и микроскоп развивались одновременно, хотя это является скорее чистой случайностью. В то же время, возможно, что это не так уж и удивительно. Общие свойства линз были известны, они обсуждались уже в XII в. в работах арабского ученого Ибн аль-Хайтама (965–1040), более известного на Западе как Альхазен. Его главная работа, в XII в. переведенная на латинский как «Thesaurus Alhazeni Arbis», была известна Р. Бэкону и другим ученым. Возможно, что многие усовершенствования, на основе которых были созданы телескопы и микроскопы, появились просто как результат игр с линзами. Но если бы мы рассматривали только современные виды этих инструментов, то нам было бы сложно увидеть их общее происхождение.

Было множество попыток усовершенствовать идею сложного микроскопа и превратить его в работающий научный инструмент. Существовало, однако, и множество сложностей, которые нужно было преодолеть, таких, как качество стекла, используемого в линзах, разработка приспособлений для фокусировки инструментов и исправления хроматических и сферических аберраций, проблемы размера, стабильности и дальности видения, и, наконец, проблема понимания того, что конкретно было увидено.

В 1758 г. Джону Доллону удалось улучшить качество линз благодаря использованию крона и кремния для исправления хроматической аберрации в телескопах. Методы Доллона нельзя напрямую применять к микроскопам из-за технических сложностей, связанных с маленьким размером микроскопа. В конце XVIII в. эта проблема была решена Дучманом Харманусом ван Дейджем. Сферическая аберрация оставалась проблемой для микроскопов, пока в 1830 г. Джозеф Джексон Листер не придумал решение.

До этого мы обсуждали попытки технического улучшения инструментов, которые позволяли ясно видеть мир малых объектов. Каждая из многих проблем постепенно разрешалась. Однако сложно назвать получившиеся инструменты на-

⁴ Bradbury S. The Evolution of the Microscope. Oxford : Pergamon Press, 1967. P. 14.



учными, т.е. инструментами, созданными для использования наукой. В основном наука, в которой они применялись, была частью естественной истории, где объекты мира малых предметов описывались, увеличивались и таким образом были доступны для осмотра. Но что это были за объекты, как они были связаны между собой и с макроскопическими объектами, оставалось неясным в первую очередь потому, что не было теории малых объектов. Так, Луис Магнер сообщает, что великий французский анатом Мари Франсуа Ксавье Бишар решил, что «микроскоп не является надежным инструментом для исследования [человеческого] тела... потому что каждый человек, использующий его, смотрит в ту же темноту, а видит разные вещи»⁵.

Научные теории выполняют множество функций. Одна из них состоит в том, чтобы направлять наблюдение. Если исследуемая область недоступна невооруженному глазу, то, пока у вас нет теории, вы не знаете, что надо искать и что конкретно вы видите. Вы также не можете проводить сколь-нибудь тонкие эксперименты; можно, например, посчитать число капель воды в ложке, но это вряд ли следует рассматривать как эксперимент. Через систематическое развитие словаря и прояснение отношений между различными понятиями в этом словаре теория говорит вам, что должно быть и что следует искать. В отсутствие теории невозможно построить множество проясняющих экспериментов, поскольку эксперименты предполагают изменение параметров, сформулированных теорией. Даже если речь идет об исследовательских экспериментах, когда вы просто хотите «посмотреть и увидеть», нужна теория, которая бы объясняла увиденное. Теория нужна не только для того, чтобы направлять развитие экспериментов, но и для того, чтобы направлять инновации в инструментах. Пока теория не предложит возможность чего-то, что не было увидено или промыслено до сих пор, не будет и импульса изменить инструмент, разве что усовершенствовать то, что он уже делает, в данном случае улучшить ясность видения. Но что вы видите?

В 1830-х гг. стечение нескольких событий перенесло биологию в новую эру. Одним из таких событий было появление ахроматического микроскопа, который позволял более точные гистологические исследования. Были усовершенствованы также техники сохранения тканей и лечения.

⁵ *Magner L. A History of the Life Sciences. 2nd ed. N.Y. : Taylor and Francis, 1993. P. 189.*



Однако два связующих события произошли в 1838–1839 гг. В 1838 г. ботаник Маттиас Якоб Шляйден опубликовал основополагающую статью, в которой утверждал, что клетки отвечают за структурные компоненты растений. В 1839 г. зоолог Теодор Шванн⁶ опубликовал работу «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений», в которой утверждалось, что «элементарные части всех тканей формируются из клеток... существует только один принцип развития для элементарных частей организмов... и этот принцип – формирование клеток»⁷. Не все из предложенного Шляйденом и Шванном было верным, но их работа сформировала основу для дальнейшего развития принципа, согласно которому все живые существа объединены через процесс образования клеток. И значительная часть работы, которая была сделана для развития их идей, опиралась на данные новых и усовершенствованных микроскопов теперь, когда исследователи знали, что следует искать и какие инструменты им нужны для поиска.

Сходный, практически такой же анализ, мы можем предложить для некоторых проблем, связанных с развитием телескопов. Многие из них те же самые: стабильность, долговременность, ясность, дальность видения, сферические или хроматические аберрации и т.д. Однако в случае с телескопами теории, объясняющие и направляющие исследования, не отсутствовали. Мы уже кратко рассмотрели влияние наблюдений Галилея на превалирующие теории того времени. Было также отмечено, что решения проблем хроматических и сферических аберраций перешли с телескопов на микроскопы. Наиболее существенное различие в истории развития этих приспособлений в научные инструменты связано с размером телескопов. Рассмотрим, как эта проблема была решена.

Первые телескопы были рефракторами. В тех рефракторах, которые использовались на земле, т.е. для подглядывания и обозрения, применялись три стеклянные линзы, таким образом, изображение не было перевернуто. В астрономических рефракторах использовались две линзы, поскольку

⁶ Шляйден и Шванн были знакомы и, как гласит история, однажды пили кофе после ужина. Шляйден рассказал Шванну о своей новой теории о клетках. Шванн сразу же пригласил Шляйдена в лабораторию, где они посмотрели на слайды животных образцов Шванна и решили, что клеточная теория может относиться и к животным. Шванн опубликовал свою работу после Шляйдена, но не упомянул ни его, ни его вклад. Несмотря на это, Шляйден и Шванн обычно считаются создателями клеточной теории.

⁷ Schwann T. Mikropischer Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und Dem wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin, 1830.



здесь не имело значения, было ли перевернуто изображение. Даже после того, как Доллонд решил проблемы аберраций, оставалась двойная проблема размера линз и длины трубы. При увеличении фокальной длины (расстояния между двумя линзами) изображение становится более четким и увеличивается дальность видимости. Поскольку использовались только линзы с небольшим диаметром, постоянно увеличивалась длина телескопов. В середине XVII в. Гевелий сконструировал 45-метровый телескоп без трубы, таким образом, его работа зависела от капризов погоды и ветра.

Утверждается, что Исаак Ньютон полагал, что проблемы хроматической и сферической аберрации никогда не смогут быть разрешены. По этой причине он построил рефлектор, в котором главные линзы были заменены металлическими зеркалами. В нем также был небольшой окуляр с двумя маленькими стеклянными линзами. В этом рефлекторе использовалось одно или несколько вогнутых зеркал, благодаря которым собранный в пучок свет направлялся в один фокус; таким образом сокращалась требуемая длина трубы.

Согласно Г. Тёрнеру, Ньютон считал, что его зеркальный телескоп может производить картинку с 40-кратным увеличением «более чем любая 6-футовая труба»⁸. Рефлектор Ньютона оставался моделью для рефлекторов на протяжении XVIII в.; полезность этой модели была поставлена под вопрос, когда изобретатели и исследователи вновь попытались построить рефлекторы большего размера. Трудности, с которыми они боролись в первую очередь, опять же относились к размеру зеркал, а также к специфической для металлических зеркал проблеме – тусклости. Но с ростом потребности в изображениях отдаленных феноменов росла и потребность в более совершенных микроскопах. Интеллектуальная нужда видеть больше служила сильной мотивацией.

Необходимость видеть больше и с большей точностью – это то, что превратило телескоп в научный инструмент. Именно ясность картинки, которую телескоп производит, сделала его таким ценным. Поэтому дальнейшее развитие телескопа было ограничено теми факторами, которые влияли на производство ясной и чистой картинки. Каждый, кто использовал подзорную трубу, знает, что сложнее всего сохранить стабильность инструмента, чтобы можно было сфокусировать его и держать нацеленным на объект. Одна из задач состояла

⁸ Turner G. E.L. Telescope (Early) // Instruments of Science: An Historical Encyclopedia. 1998. P. 601.



в разработке устойчивых установок для телескопов. Основной прорыв в этом направлении произошел в начале XIX в., когда немец Йозеф Фраунгофер изобрел экваториальную монтировку. Ему удалось также существенно улучшить качество стеклянных линз, благодаря чему увеличились качество и размер ахроматического рефрактора.

Увеличиваясь в размерах, телескопы приближались к границам возможностей стандартных материалов независимо от того, были ли линзы сделаны из стекла или металла. Линзы сгибаются или выгибаются, зажимы, держащие линзы на месте, могут быть причиной аберраций и т.д. Однако не все потеряно. Технологический мир, в котором работают современные телескопы, продолжает производить новые объекты и идеи. В данном случае речь идет о компьютерах.

Мы используем компьютеры не только для управления и не только большими телескопами⁹, но также для решения проблемы размеров телескопов. Построение все больших по размерам обсерваторий во все более изолированных местах (для избежания светового загрязнения) стало очень сложным не только из-за проблем технического и географического характера, но и из-за непомерной стоимости. Так появился большой массив (радиотелескоп). Кто говорит, что нужен новый 200-дюймовый телескоп, когда можно просто сложить 200 собирателей света по 2 фута в диаметре и подсоединить их к компьютеру, который будет перерабатывать различные биты информации, собранные ими, в один большой массив. Кто говорит, что нужно размещать телескопы на вершине изолированной горы? Почему бы не разместить их в космосе? Даже в случаях усовершенствования ранних телескопов и микроскопов, когда технологии могут сочетаться, появляются решения, которые были немыслимы 25 лет назад.

Телескоп «Хаббл» практически доживает последние дни. Завершение американской космической программы шаттлов сделает невозможным его обслуживание. Но все же непонятно, какую гибкость будет иметь телескопы, которые придут на смену шаттлам. Может быть, пришло время заменить «Хаббл» космическим массивом, контролируемым с международной космической станции? Мы больше не ограничены пределами Земли. Эти проблемы сейчас стали носить более политиче-

⁹ Сегодня сложно купить любительский телескоп высокого качества, такой, как трехфутовый телескоп Шмидта-Кассегрена, без программного оборудования для компьютера, который не только настраивает телескоп, но и следит за объектом, находит объект, который вы хотите увидеть, когда вы печатаете его имя, и может быть запрограммирован делать фотоснимки, когда вы спите.



ский и финансовый характер, чем раньше, когда независимые богатые любители могли более или менее свободно делать то, что им нравится. Поскольку мы продолжаем стремиться к тому, чтобы видеть все дальше и с бóльшим количеством деталей (радиотелескопы, ультрафиолетовые телескопы, инфракрасные телескопы и т.д.), сложность и цена предприятия выходят за пределы того, что могут себе позволить частные лица. Игра становится публичной и превращается в область государственного вмешательства, а значит, ее итог может быть непредсказуем.

Ясно одно: желание видеть дальше и лучше заставляет нас переосмыслить некоторые теоретические допущения о структуре и содержании космоса, а также его форме и будущем. Информация, полученная с «Хаббла», не только заполнила пробелы в нашем знании того, что существует, но и помогла утвердиться во мнении, что Вселенная расширяется, причем с непостоянной скоростью. И если та часть теории, где речь идет о расширении Вселенной, на настоящий момент твердо принимается наукой, то та часть, в которой говорится о переменной скорости расширения, требует переосмысления.

Другой момент, заслуживающий рассмотрения и касающийся научных инструментов, – их влияние на развитие научных теорий. Если данная выше оценка инструментов, согласно которой они расширяют нашу способность исследовать природу, верна, то будущее создания инструментов ограничено лишь нашей способностью переосмыслить, что значит видеть, слышать, чувствовать, вычислять, измерять и т.д. Я буду утверждать, что это в точности и есть то, что инструменты фактически делают: они изменяют понимание основных концептов, используемых нами для развития знаний о мире. Введение телескопа и микроскопа, например, изменило наши представления о том, что значит наблюдать¹⁰. Наблюдать теперь не значит просто смотреть и видеть. Рассмотрим, к примеру, сканирующий туннельный электронный микроскоп. В действительности, используя это приспособление, мы ничего не видим. Вместо этого мы запускаем ряд операций, контролируемых компьютером, которые управляют зондом, работающим на атомном уровне. То, что мы «видим», – это картинка, сгенерированная компьютером, которая появляет-

¹⁰*Pitt J. Seeing Nature: Origins of Scientific Observation* ; ed. by R.M. Burian and J. Gayon. *Conceptions de la Science: Hier, Aujourd'Hui et Demain; Hommage a Marjorie Grene*. Bruxelles : Editions Ousia, 2007. P. 273–289.



ся как результат трансформации действий зонда рядом механизмов и программ, т.е. создания карты атомарной структуры поверхности и превращения этой электронной карты в картинку. В каком смысле мы *видим* эту поверхность? В каком смысле этот набор объектов, зондов, компьютеров, компьютерных программ, сканеров, принтеров является микроскопом?

Дэвид Бэрд утверждает, что инструменты заставляют нас расширить понятие знания¹¹. Он считает, что научные инструменты являются носителями знания. Самой своей способностью действовать надежно предсказуемым образом они несут знание, которое мы вложили в них в процессе конструирования. Здесь речь не идет о пропозициональном смысле слова «знание» – скорее это попытка разработать понятие знания, основанное на «знании-как», помещенном в объекты, которые являются его носителями.

Инструменты позволяют поместить наши знания в черный ящик и использовать их далее, когда мы исследуем природу на более глубоком уровне. Однако работа нашей науки становится все более зависимой от инструментов. Это особенно характерно для теперешней эпохи большой науки, когда мы, вложив столько ресурсов в наши инструменты и научные ресурсы, оказались полностью окружены технологической инфраструктурой, из которой не можем сбежать по финансовым причинам. Научное знание, оставленное на милость нашим научным инструментам, теперь в опасности: мы так сильно привязаны к инструментам и их системам поддержки, что не сможем узнать, исследуем ли мы действительно природу или пределы наших инструментов. Это новый вариант проблемы отношения сигнал/шум. Какой процент из того, о чем инструменты говорят, что оно существует, существует в действительности, а не является артефактом инструмента, и как мы можем понять разницу? Поскольку сложность наших инструментов постоянно возрастает, проблема также будет становиться все более сложной для решения. Но такова ситуация.

Это ведет к нашей заключительной теме, полное рассмотрение которой потребовало бы монографии, поэтому здесь она будет только затронута: я смогу осветить некоторые из проблем, не пытаясь предложить решения. Использование инструментов ставит как эпистемологические, так и онтологические вопросы. Как было указано выше, Бэрд рассматри-

¹¹ Baird D. Thing Knowledge. Berkeley : University of California Press, 2004.



вает научные инструменты как знание другого типа, а именно воплощенное знание-как. Но это не решает фундаментальную проблему оснований для утверждения того, что инструменты позволяют нам в действительности открывать топологию и содержание областей, на которые мы их направляем. Мы физически не можем спуститься на уровень объектов, «рассматриваемых» через сканирующий туннельный электронный микроскоп, и проверить, так же как не можем добраться до края Вселенной. Фактически нельзя определить, что существует там. В лучшем случае мы узнаем то, что сообщают нам наши инструменты.

Ключевым фактором для успешного использования любых инструментов является калибровка¹². Она включает серию испытаний и приспособлений, с помощью которых инструмент приводится в требуемое для сбора надежных данных состояние. Но за этими процессами скрывается ряд допущений. Основное состоит в том, что есть набор *стандартных условий*, по отношению к которым делается калибровка. Как выясняется, наши стандартные условия не являются такими стандартными и они часто прозрачны. Рассмотрим два примера, один тривиальный, а другой – нет. Тривиальный пример о готовке пирога. Одна моя университетская подруга написала мне несколько лет назад, спрашивая рецепт пирога, который я готовил на ее день рождения, когда мы вместе учились. Я прислал его и в качестве благодарности получил сообщение о том, что пирог не получился – тесто не поднялось. Я понял: когда я готовил пирог изначально, я жил в Вильямсбурге (штат Вирджиния), на высоте 25 м над уровнем моря. Моя подруга живет в Денвере (штат Колорадо), где высота примерно 2000 м над уровнем моря. Я полагал, что стандартные условия для выпечки не изменяются с высотой, а выяснилось, что это не так.

Не такой тривиальный пример касается экспериментов, проводимых на ранних стадиях на космическом шаттле. Чтобы в результате этих экспериментов получить надежные данные, кто-то должен был понять, каковы стандартные условия в космосе. Этого не было сделано и, таким образом, не были предприняты попытки защитить экспериментальные модули от разных космических лучей. Первые данные, выведенные из новых экспериментов, оказались бесполезными.

В общем нужно использовать множество методов для калибровки и наилучшей настройки инструмента. Но даже если

¹² Franklin A. Calibration // Perspectives on Science: Historical, Philosophical, Social. 1997. Vol. 5, No. 1. P. 31–80.



объект калиброван должным образом, мы в любом случае действуем на основе допущения о том, что данные, которые мы получаем, – это не продукт самого инструмента, что они репрезентируют реальный мир. Онтологические вопросы многочисленны и сложны. Зачастую данные нужно изменить, прежде чем их использовать, и это создает собственный набор сложностей. Рассмотрим электронный микроскоп. Мы все восхищались картинками атомного мира, которые создаются электронным микроскопом. Эти яркие зеленые конусы и выпуклости дают нам живое впечатление о том, что происходит на атомарном уровне. Конечно, это неверно. На атомарном уровне нет цветов. Даже решение использовать серый фон на картинке – вмешательство в необработанные данные. Проблема здесь в том, что не существует прямого способа проверить и увидеть, действительно ли правильные вещи были раскрашены в правильные цвета. То же относится к красивым картинкам Крабовидной туманности и другим космическим снимкам, сделанным «Хабблом». Цвета добавляются. Важно понять, как наши представления о том, что считается наблюдением и свидетельством, изменяются, когда мы принимаем эти фотоснимки как соответствующие действительности. И это имеет серьезные последствия для того, что мы считаем знанием. Изменения являются тонкими, но они постепенно накапливаются. Со временем наши инструменты становятся все более сложными, и то, что мы делаем с ними, изменяет наше представление о том, что мы знаем и что может быть известно. Предложение, которое звучало ранее, о том, что нам нужно заменить «Хаббл» космическим телескопом более нового типа, состоящим из массива коллекторов, управляемого суперкомпьютером (или тремя, или даже четырьмя), высказывалось без иронии. Оно представляет новую форму надменности, поскольку предполагает, что казавшееся когда-то недоступным – Большой взрыв, например, может быть доступным для нас, если мы построим правильный телескоп...

Перевод с английского Е.В. Востриковой