

**Моррис КОЭН
Эрнст НАГЕЛЬ**

ВВЕДЕНИЕ В ЛОГИКУ И НАУЧНЫЙ МЕТОД

An Introduction to Logic and Scientific Method

**Morris R. COHEN
Ernest NAGEL**

Глава XI Гипотезы и научный метод

«Те, кто отказывается выходить за пределы фактов, редко продвигаются далее самих фактов... Практически каждый великий шаг [в истории науки] стал следствием «предвосхищения природы», т. е. изобретения гипотез, которые, будучи верифицируемыми, зачастую изначально имели крайне слабые основания».

Т. Г. Хаксли

«Как странно не видеть того, что всякое наблюдение, претендующее на полезность, должно быть подтверждением или опровержением некоторой точки зрения».

Чарльз Дарвин

§ 1. Причины и функции исследования

Во второй книге своего восхитительного труда «История» Геродот подробно описывает виды, встретившиеся ему при путешествии в Египет. Река Нил привлекла к себе его внимание:

19. Когда Нил выходит из берегов, то не только заливает дельту, но даже и часть так называемых Ливийской и Аравийской областей, именно [область] на два дня пути в обе стороны (иногда больше, иногда меньше). О природных свойствах этой [удивительной] реки я не мог ничего узнать ни от жрецов, ни от кого-либо другого. Именно я старался дознаться у них, почему Нил, начиная от летнего солнцестояния, выходит из берегов и [вода его] поднимается в течение приблизительно 100 дней; по истечении же этого срока вода снова спадает, река входит в свое прежнее русло и затем низкий уровень воды сохраняется целую зиму, вплоть до следующего летнего солнцестояния. Ни один египтянин не мог мне ничего сообщить о [причинах] этого явления, никто не был в состоянии ответить на вопрос: отчего природа Нила прямо противоположна природе остальных рек.

Путем расспросов я желал узнать причину указанного явления и почему из всех рек [на свете] только с этой реки не дуют [холодные] ветры.

20. Однако некоторые эллины, которые хотели, конечно, прославиться своими знаниями и проницательностью, высказали три различных объяснения причин разливов [Нила]. Два из них, собственно, даже не заслуживают обсуждения (разве что вкратце), но мне хочется, по крайней мере, упомянуть о них. Согласно одному толкованию, причиной нильских разливов являются этесийские ветры, которые-де препятствуют реке течь в море. Однако в иные годы этих ветров не бывает, но подъем воды в Ниле все-таки происходит. К тому же если бы причиной тут были ветры, то и все другие реки, также текущие против них, должны были бы вести себя подобно Нилу.

21. Второе толкование еще неразумнее и, так сказать, удивительнее первого. Оно гласит: подъем и спад [воды Нила] происходит оттого, что Нил вытекает из Океана, а этот Океан обтекает всю землю кругом.

22. Наконец, третье объяснение, хотя и наиболее правдоподобное, тем не менее самое ложное. Действительно, и оно так же решительно ничего не объясняет, утверждая, будто Нил выходит из берегов от таяния снегов. Между тем Нил течет из Ливии, затем проходит через Эфиопскую землю и впадает в море в Египте. В самом деле, как же [разлив] Нила может происходить от [таяния] снегов, если эта река течет из самых жарких стран в страны значительно более холодные. По крайней мере, всякому, кто вообще в состоянии судить о таких предметах, представляется невероятным, чтобы [разлив] Нила происходил от [таяния] снегов. Первый и решающий довод [против этого] – знойные ветры, дующие из этих стран. Во-вторых, в этой земле вовсе не бывает дождей, и она никогда не покрывается льдом. После же снегопада в течение пяти дней непременно должны выпадать дожди. Поэтому если бы [в этих странах] шел снег, то были бы также и дожди. В-третьих, люди там черные от действия [сильного] зноя. Коршуны и ласточки остаются там целую зиму, а журавли, спасаясь от скифских холодов, прилетают в эти места на зимовку. Итак, если бы в этой стране, по которой течет и откуда берет начало Нил, выпадало бы хоть немного снега, то ни один из приведенных фактов был бы невозможен, как это и логически необходимо.

23. Толкователь же, который рассуждает об Океане, забрался в такую темную, неизведанную область и [потому] ничего не доказывает. Мне, по крайней мере, ничего не известно о существовании реки Океана. Имя «Океан» придумал, по моему мнению, Гомер или еще какой-нибудь древний поэт и ввел его в свою поэзию^[56].

Далее Геродот предлагает собственное объяснение поведения реки.

Доводилось ли читателю считать или утверждать, что способ открытия истины заключается в «изучении фактов» или в том, чтобы «позволить фактам говорить самим за себя»? Если да, то пусть он внимательнее проанализирует приведенную цитату на предмет обнаружения природы обстоятельств, при которых происходит обогащение знания. В вводной главе к данной книге мы уже сказали, что до тех пор, пока привычные верования не будут подвержены сомнению путем внесения изменений в окружающую нас обстановку или в силу нашего любопытства, нельзя будет вообще сказать, что мы думаем. Наше мышление будет в лучшем случае иметь рутинный характер. Теперь же мы намерены усилить данную мысль и указать на ее важность при понимании природы критического, или научного, метода.

Данный отрывок из Геродота с ясностью иллюстрирует склонность греков к научному знанию и к спекуляциям. Но при этом он также иллюстрирует огромную разницу между привычкой простого принятия случайной и несвязной информации и установкой, направленной на отыскание порядка в фактах, которые лишь кажутся изолированными. Наблюдаемый разлив Нила для многих был просто грубым фактом, не связанным с другими известными, но изолированными фактами. Однако для Геродота поведение Нила не было просто грубым фактом. Оно представляло проблему, которая могла бы быть разрешена только посредством отыскания некоторой общей связи между периодическим разливом Нила и другими фактами.

Следовательно, мнение о том, что истина обнаруживается при «исследовании фактов», является крайне поверхностным. Оно является поверхностным потому, что никакое исследование не может начаться до тех пор, пока не будет установлено некоторое затруднение в практической или теоретической ситуации. Именно это затруднение, или проблема, руководит нашим поиском такого порядка среди фактов, который позволил бы разрешить затруднение. Было бы невозможно открыть причины разлива Нила, если бы мы изначально не рассматривали разлив как проблему, требующую решения.

Если наличие проблемы является причиной исследования, то решение этой проблемы является целью и функцией исследования. Что требуется для удовлетворительного решения проблемы и, в частности, проблемы, связанной с причиной разлива Нила? Ответ, который искал Геродот, подразумевал обнаружение связи между фактом поведения Нила и другими

фактами; именно в силу этой связи кажущиеся изолированными факты предстанут в упорядоченном виде. Говоря в общем, научные исследования должны начинаться с некоторой проблемы и быть нацеленными на поиск порядка, связывающего то, что на первый взгляд кажется не относящимися друг к другу фактами. Однако способность усматривать в грубом опыте причину проблемы, а особенно проблемы, решение которой обусловит решение других проблем, не распространена среди людей, ибо не существует правила, по которому люди могли бы научиться задавать значимые вопросы. Усмотрение затруднений там, где обычные люди не видят ничего сомнительного, является признаком научного гения.

§ 2. Формулировка релевантной гипотезы

Каким образом осуществляется поиск порядка среди фактов? Читателю следует обратить внимание на то, что проблему изначально даже нельзя сформулировать, если мы не знакомы с предметной областью, в которой она обнаруживается. Греки увидели проблему в поведении Нила потому, что они были знакомы с поведением других рек, и потому, что им было также известно, что поведение рек связано с такими факторами, как ветер, снегопад или испарение.

Для того чтобы сформулировать нечетко ощущаемое затруднение в виде конкретной проблемы, мы должны иметь возможность выбрать на основании ранее имеющегося знания определенные элементы предметной области, которые являются значимыми. Так, Геродот обратил внимание на расстояние, которое покрывала разливающаяся вода, время, в которое начинается разлив, время, в которое он достигает своего максимума, а также отсутствие ветров над рекой. Геродот сформулировал затруднение, имеющее место в общей ситуации, именуемой «разливом Нила», именно в терминах данных различных и повторяющихся элементов. Однако его внимание привлекли именно эти элементы, а не какие-нибудь другие, потому что он был знаком с некоторыми теориями, объясняющими поведение рек. Именно в силу своего знакомства с этими теориями Геродот обратил внимание на ветры, снегопады и испарение, а не на другие факторы и постарался отыскать связь между данными факторами и поведением Нила.

Нам не удастся продвинуться ни на йоту ни в одном исследовании, если мы не начнем его с предполагаемого объяснения, или решения, изначально затруднения. Такие пробные объяснения подсказываются нам

самой предметной областью, а также имеющимся у нас знанием. Будучи сформулированными в виде суждений, данные пробные объяснения называются гипотезами.

Функция гипотезы заключается в том, чтобы направлять наш поиск порядка среди фактов. Сформулированные в гипотезе предположения могут оказаться решением проблемы. Задача исследования заключается в определении того, являются ли они решением или нет. Ни одно из наших предположений не должно с необходимостью привести нас к нашей цели. Зачастую некоторые из высказанных предположений являются несовместимыми с другими, и поэтому все они не могут оказаться решением одной и той же проблемы.

Ниже мы обсудим формальные условия, которые должна выполнять удовлетворительная гипотеза. На данном этапе читателю следует отметить, что для решения проблемы периодических разливов Нила Геродот рассмотрел три гипотезы (помимо своей собственной). Последнюю он принял только после того, как отбросил три первые. На самом деле все четыре объяснения являются ложными. Однако, несмотря на это, процедура, которой следовал Геродот, отвергая одни гипотезы и принимая другие, до сих пор представляет модель научного метода.

Важность гипотезы в направлении исследования может быть проявлена с еще большей ясностью, если мы еще раз проанализируем распространенный совет: «Пусть факты говорят сами за себя». Чем являются факты и которые из них нам следует изучать? Геродот мог бы наблюдать за разливами Нила до бесконечности и все равно не обнаружить в самом факте разлива требующихся ему повторяющихся связей, например, связи между разливами и выпадением осадков в Центральной Африке. Решение стоящей перед ним проблемы могло быть обнаружено только в случае открытия неизменной связи между разливами Нила и некоторым другим фактом. Но каким другим фактом? Число других фактов бесконечно, и простое наблюдение за Нилом могло бы никогда не позволить обнаружить ни этого другого факта, ни типа его связи с разливом. Факты для изучения необходимо отбирать на основании некоторой гипотезы.

Для того чтобы гипотеза могла направлять исследование, необходимо, чтобы одни факты рассматривались в ней как значимые, а другие – нет. На практике Геродот не смог бы исследовать отношения между разливами Нила и всеми другими классами событий. Сама по себе подобная задача рассматривалась бы им как абсурдная, поскольку большинство из этих других фактов, таких, как количество молитв, возносимых египтянами

ежедневно, или число чужеземцев, ежегодно посещающих долину Нила, Геродот считал нерелевантными.

Однако что имеется в виду, когда утверждается, что одни гипотезы выражают «релевантную» связь фактов, а другие нет? Геродот мог бы объяснить, что таяние снегов является релевантным фактом относительно поведения Нила потому, что, согласно имеющемуся ранее знанию, можно утверждать, что таяние снегов с большим или меньшим постоянством связано определенным образом с объемом воды в реках. Но число приезжих в долине Нила нерелевантно относительно поведения Нила, поскольку неизвестно отношение между изменениями числа приезжих в определенную местность и изменениями объема воды в реках. Гипотеза считается релевантной для данной проблемы, если она выражает определенные виды связей между набором фактов, среди которых присутствует и изучаемый факт; во всех остальных случаях гипотеза считается нерелевантной.

Нельзя сформулировать правила, по которым можно «натолкнуться» на релевантную гипотезу. В процессе последующих исследований может быть обнаружено, что любая гипотеза, считающаяся релевантной, на самом деле таковой не является. Или же нам может казаться, что определенные факты релевантны для некоторой проблемы, но в результате дальнейшего исследования обнаружится обратное. Не имея знания об исследуемой предметной области, мы не можем обоснованно судить о релевантности тех или иных факторов.

Из сказанного следует, что ценные предположения относительно способов решения проблемы могут исходить только от тех, кто знаком с типами связей, имеющими место в исследуемой предметной области. Таким образом, маловероятно, что объяснение периодических разливов Нила посредством ссылки на сильные дожди может быть предложено тем, кто заранее не знаком с существующим отношением между осадками и разливами рек. Поэтому гипотезы, предлагаемые исследователями в качестве объяснений, по крайней мере, отчасти являются производными от знания, которым исследователи обладали заранее.

§ 3. Дедуктивное развитие гипотез

Теперь проанализируем еще раз проведенную Геродотом процедуру уже в терминах установленных нами различий.

Поиск объяснения поведения Нила был поиском общего правила, в

котором утверждалась бы универсальная связь между фактами определенного вида и некоторыми фактами другого вида. Задача Геродота заключалась в том, чтобы показать, что общее правило, предложенное ему в виде гипотезы, было в действительности применимо для конкретной рассматриваемой проблемы. Каким образом он ее достигал?

Аргумент, использованный Геродотом для отвержения первой теории, может быть сформулирован следующим образом. Защитник этой теории предлагает свой аргумент:

Если дуют этесийские ветры, то Нил разливается (общее правило).

Нил разливается в течение ста дней, начиная с летнего солнцестояния (наблюдаемый факт).

∴ Этесийские ветры дуют, начиная с летнего солнцестояния (выведенное событие).

Разумеется, данное умозаключение является необоснованным. Однако его защитник может утверждать, что подобное рассуждение представляет предположительный вероятностный вывод, в котором заключение является вероятным при данных условиях. Геродот показывает, что это не так. Он указывает на то, что мы можем привести примеры событий, когда уровень воды в Ниле поднимается (наблюдаемое событие), а этесийские ветры не дуют. Подобный случай, разумеется, не объясняется приведенным правилом. Поэтому Геродот заключает, что гипотеза о ветрах не всегда объясняет разлив реки. Однако на этом он не останавливается, поскольку защитнику данной теории может показаться достаточным и такой предлагаемый ей непостоянный результат. Далее Геродот показывает, что логические следствия теории этесийских ветров противоречат известным фактам. Для этого он указывает на некоторые следствия, которые имплицитно выводятся данной теорией.

Он продолжает свой аргумент:

Если этесийские ветры обуславливают разлив, то и другие реки должны вести себя подобно Нилу (выработанное правило).

Эти другие реки не выходят из берегов (наблюдаемый факт).

∴ Этесийские ветры на постоянной основе не обуславливают разливы.

Данное следствие представлено смешанным условным силлогизмом. Геродот, таким образом, показал, что теория этесийских ветров не может

рассматриваться как удовлетворительное объяснение проблемы.

Отвержение первой теории Геродоту пришлось осуществлять дедуктивно. Важность данного шага становится более ясной, если проанализировать его отвержение третьей теории. Ее можно сформулировать так: если в центре Африки имеет место периодическое таяние снегов, то Нил будет периодически разливаться. Геродот отвергает это объяснение не потому, что он может непосредственно наблюдать отсутствие снега в Центральной Африке, а потому, что он может наблюдать предполагаемые следствия того, что Центральная Африка является жаркой страной. А поскольку он отвергает возможность выпадения снега в теплых странах, то он также и отвергает теорию таяния снегов как причины поведения Нила. Сформулируем в частичном виде его аргумент еще раз:

Если из определенной местности дуют жаркие ветры, то сама эта местность является жаркой (общее правило).

Горячие ветры дуют из центра Африки (наблюдаемый факт).

∴ В центре Африки жарко (выведенный факт).

Если на определенной территории выпадает снег, то там не может быть жаркого климата (правило).

Центральная часть Африки является жарким местом (выведенный факт из предшествующего умозаключения).

∴ Снег не выпадает в центральной части Африки (выведенный факт).

На основании проведенного анализа мы можем заключить, что дедуктивная разработка гипотезы должна следовать за ее формулировкой, ибо полное значение гипотезы, заключающееся в ее релевантности и способности дать удовлетворительное решение для определенной проблемы, мы можем открыть только путем обнаружения того, что эта гипотеза имплицитно. Следует отметить, что Геродот отверг вторую теорию на том лишь основании, что она была невнятно сформулирована, что делало невозможным выведение из нее каких-либо следствий.

Таким образом, мы уже можем оценить степень важности дедуктивной методики для научного метода. В главе, посвященной математике, мы видели, что сложный набор допущений может исследоваться на предмет их импликаций. Методика, исследованная в той главе, релевантна относительно дедуктивной разработки любой теории. На конкретном примере невозможно проиллюстрировать все методы,

предлагаемые той или иной научной дисциплиной. Такая иллюстрация становится возможной только при написании учебника по этой дисциплине. Однако на примере еще нескольких простых иллюстраций читатель сможет получить лучшее представление о том, насколько неотъемлемым для научной процедуры является развитие гипотезы дедуктивным способом.

Исследования падающих тел Галилеем имели одни из наиболее далеко идущих следствий. Ему удалось показать, что если мы пренебрежем сопротивлением воздуха, то скорость, с которой тела будут падать на землю, не будет зависеть от их веса^[57]. До Галилея было известно, что по мере приближения к земле скорость падающих тел увеличивается. Однако не было известно, каково отношение между скоростью, пройденным при падении расстоянием и временем, требующимся для падения. Примером какого общего закона можно было бы считать падение тела?

Галилей исследовал две гипотезы. Согласно первой из них, увеличение скорости свободно падающего тела пропорционально пройденному пути. Однако Галилей утверждал (как мы теперь знаем, ошибочно), что одним из следствий данного допущения является то, что тело должно покрывать определенный отрезок своего пути мгновенно. Последнее он считал невозможным и поэтому отвергал предложенный закон увеличения скорости.

Затем он исследовал гипотезу о том, что изменение скорости свободно падающего тела за определенный отрезок времени пропорционально самому этому отрезку. В современной записи данное допущение может быть выражено как $v = at$, где « v » представляет скорость, « a » – скорость, обретаемую за одну секунду, а « t » – число секунд падения тела. Это допущение также можно выразить, сказав, что ускорение падающего тела (определяемое как изменение скорости за единицу времени) является постоянным.

Однако допущение о том, что ускорение постоянно, нельзя проверить непосредственным образом. Галилею пришлось усилить свой аргумент посредством выведения других следствий из гипотезы об ускорении и демонстрации того, что эти следствия являются верифицируемыми. Аргумент стал более сильным, поскольку об истинности этих следствий ранее известно не было. Так, например, из гипотезы $v = at$ Галилей вывел суждение «путь, проделываемый свободно падающими телами, пропорционален квадрату времени их падения».

Примеры, подтверждающие данное правило, можно установить экспериментальным путем. Так, тело, падающее в течение двух секунд,

проделывает в четыре раза больший путь, чем тело, падающее в течение одной секунды; а тело, падающее в течение трех секунд, проделывает в девять раз больший путь, чем тело, падающее в течение одной секунды. Данный результат усиливает основания в пользу истинности гипотезы о том, что тела падают с одинаковым ускорением.

Сходным образом из гипотезы об ускорении Галилей вывел и другие следствия, каждое из которых он мог верифицировать с большой точностью. Таким образом, основания в поддержку его гипотезы были усилены еще больше. Однако их можно было усилить только после исследования непосредственно верифицируемых импликаций теории.

Несмотря на все это, характер оснований в поддержку гипотезы об ускорении всегда остается лишь вероятностным. Истинность гипотезы является лишь вероятной относительно ее оснований потому, что всегда остается логическая возможность отыскания какой-нибудь другой гипотезы, которая также будет иметь все имеющиеся верифицированные суждения среди своих следствий. Однако она будет оставаться лучшей из всех имеющихся гипотез до тех пор, пока она будет позволять нам выводить из нее и обнаруживать еще большее число истинных суждений. Всеобъемлющая (comprehensive) теория считается истинной с высокой степенью вероятности, если установлена эмпирическая истинность многих из ее логически возможных следствий.

Резюмируем общие свойства процедуры, проведенной Галилеем. Мы видим, что он отобрал некоторое количество примеров из собственного опыта и исследовал их. Эксперименты, проведенные им с вершины Пизанской башни, разрешили некоторые из его сомнений. Однако их разрешение лишь породило новые сомнения. Если поведение свободно падающих тел не зависело от их веса, то от чего же оно зависело? Древние, равно как и современники Галилея, уже выделяли некоторые свойства тел, нерелевантные к их поведению при падении. Негласно считалось, что температура, запах, цвет и форма тел являются в данном случае нерелевантными свойствами. Древние считали, что неважными являются также расстояние падения и его длительность. Однако Галилей отказался от этого последнего допущения и попробовал сформулировать гипотезы, в которых данные свойства тел являлись определяющими факторами относительно их поведения.

Данный отбор релевантных факторов отчасти базировался на знании, которым заранее обладал Галилей. Как и древние, он не учитывал цвет и запах падающих тел, поскольку, согласно общему опыту, цвет и запах тел мог изменяться без каких-либо изменений их поведения при падении.

Однако отчасти данный отбор был осуществлен и на основании догадки о том, что некоторые из свойств, считавшихся нерелевантными, на самом деле были важными. Галилей провел успешные исследования в области физики, в которых основополагающую роль играли численные отношения, которые в те времена изучались исключительно математиками. Он также был хорошо подкован в античной философии и имел непоколебимую уверенность в том, что «книга природы» была написана на языке геометрии. Таким образом, Галилей приступил к поиску решения вопросов о природе движения далеко не с беспристрастным сознанием, лишенным сильных убеждений и не вооруженным интересными предположениями. С ним всегда было убеждение о том, что единственными релевантными факторами в изучении движения являются скорость, время, расстояние и некоторые постоянные отношения.

Вследствие вышесказанного мы можем различить два набора идей, которые использовал Галилей при изучении движения тел. Первый набор (являющийся наибольшим) состоял из его убеждений в области математики, физики и философии, которые определили его выбор предметов и их релевантных свойств. Второй набор состоял из специальных гипотез, которые он разработал для того, чтобы открыть отношения, существующие между релевантными факторами. Первый набор представлял относительно стабильную совокупность верований и предубеждений. Вполне вероятно, что Галилей не отказался бы от них, даже если бы ни одна из двух его гипотез не получила бы экспериментального подтверждения. Второй набор, учитывая уровень научного развития времен Галилея, представлял собой неустойчивую совокупность предположений и верований и вполне возможно, что Галилей с легкостью отказался бы от своих крайне простых уравнений относительно скорости, времени, расстояния и ускорения в пользу каких-либо более сложных, если бы того потребовали результаты проведенных им экспериментов.

Именно эти специальные допущения, будучи сформулированными, превращаются в гипотезы или теории.