

УДК 51: 101.8
DOI:
10.15372/PS20150403

В.М. Резников

*Институт философии и права СО РАН, г. Новосибирск,
mathphil1976@gmail.com*

ОБЪЯСНЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛЕЙ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ И ИХ ПОНИМАНИЕ*

Показана ограниченная значимость дедуктивно-номологической схемы для объяснения явлений природы и их понимания. В этой схеме используются теоретические законы природы, а они часто имеют статус законов *ceteris paribus*. В современной философии науки в качестве альтернативы используются концепции Картрайт, Морган, де Регта. Демонстрируется адекватность этих концепций для объяснения естественно-научных явлений и понимания используемых теорий. В этих концепциях используются не законы, а модели, причем модель – это синтез модифицированной теории и данных, представляющих исследуемые явления.

Ключевые слова: дедуктивно-номологическая схема, общие законы, феноменологические законы, законы *ceteris paribus*, теория, модель, объяснение, понимание, Гемпель, Картрайт

V.M. Reznikov

*Institute of philosophy and Law SB RAS, Nikolaeva str. 8, Novosibirsk, 630090, Russia
mathphil1976@gmail.com*

EXPLANATION PHENOMENA BY MEANS OF MODELS IN NATURAL SCIENCES AND THEIR UNDERSTANDING

The article shows the limited value of the deductive-nomological formalization for the explanation and understanding of natural phenomena. The formalization uses theoretical laws of nature, which very often have the status of *ceteris paribus* laws. Contemporary philosophy of science uses the conceptions of Cartwright, Morgan and de Regt as an alternative to Hempel's formalization. Our research demonstrates the adequacy of these conceptions for the explanation the phenomena and understanding of used theories. These conceptions use models rather than laws, where the model is the result of synthesis of a modified theory and data representing the phenomena under study.

Keywords: deductive-nomological formalization, general laws, phenomenological laws, *ceteris paribus* laws, theory, model, explanation, understanding, Hempel, Cartwright

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-07-03410.

Проблема объяснения является классической философской проблемой. Не существует единственного момента времени, определяющего специальный интерес к объяснениям в философии. Первоначально серьезный интерес к причинным объяснениям связан с работами Аристотеля, создателя учения о четырех видах причин. Как известно, причинные объяснения являются наиболее сильными. Так, на основе причинных рассуждений осуществляется объяснение многих явлений природы и событий общественной жизни, известных Стагириту. Идеи аристотелевской философии не оказали особого влияния на философию логического позитивизма. Например, в позитивистской философии результаты, полученные с помощью методов объяснения, и сами эти методы имеют подчиненное значение по отношению к результатам, полученным на основе методов предсказания.

В отличие от философии позитивизма в постпозитивистской философии объяснительные процедуры представляют большой интерес. Поэтому становление постпозитивизма явилось импульсом для осознания значимости проблемы объяснения и методов объяснения [Вригт, 1986]. Проблема объяснения в постпозитивистской философии науки считается значимой, так как в ней объяснение признается одной из важнейших функций науки. В 40–50-е годы прошлого столетия было открыто несколько различных концепций объяснения. Это кибернетическая схема Н. Винера, схема объяснения действия Е. Энском и дедуктивно-номологическая схема К. Гемпеля. Кибернетика Винера оказалась адекватной для технических наук, физиологии и военного искусства, в частности для управления огнем в артиллерии. Концепция Энском получила признание в социологии и философии [Гемпель, 1988]. Наиболее популярной в философских исследованиях является концепция Гемпеля. Эта концепция имеет объективистский характер, так как в ней объяснение основано на законах природы. В концепции Гемпеля событие или феномен считается объясненным, если выводится на основе по крайней мере одного общего утверждения – закона природы, а также одного или нескольких частных утверждений, которые ранее уже получили объяснение.

Известно, что на уровне обыденного сознания понятия объяснения и понимания определенным образом связаны, а именно: чем удачнее сформулировано объяснение, тем более глубокое возникает понимание. Однако в начальный период развития постпозитивизма эти понятия относились к различным областям знания. Так, понятие «объяснение» было связано с естественно-научным и техническим знанием. В то же время термин «понимание» относится к гуманитарным наукам, в частности

к истории, герменевтике и др. В простейшем случае схема Гемпеля является схемой покрывающего закона. Она представляет собой триаду утверждений следующей структуры, а именно, в ней две посылки и заключение:

$$(\forall x)(H(x) \rightarrow E(x))$$

$$H(b)$$

$$E(b)$$

Первая посылка схемы является общим суждением, вторая – частным, последнее суждение – это заключение. Здесь $H(b)$ – посылка, а $E(b)$ – заключение [Гемпель, 1988]. Дедуктивно-номологическая схема Гемпеля является объективистской, и не только потому, что основана на законах природы, а также на частных утверждениях, относящихся к практике научных исследований. Схема имеет объективистский характер, так как в ней не принимаются во внимание ни квалификация, ни уровень подготовки исследователя. Постпозитивисты полагали, что схема покрывающего закона является универсальной, адекватной для использования в любых научных дисциплинах. Однако А. Дрей убедительно продемонстрировал неуниверсальный характер схемы Гемпеля на примере ее ограниченной адекватности в исторических исследованиях [Дрей, 1977].

В современных подходах к философии науки прагматические аргументы считаются доказательными, однако представители раннего постпозитивизма, в частности Гемпель, полагали, что такие аргументы не являются вполне состоятельными. Так, по мнению постпозитивистов, к подобного рода аргументам относится аргумент понятности конкретной теории для исследователя, хотя именно понятность теории для исследователя определяет выбор этой теории в качестве инструмента объяснения. Кроме того, в постпозитивизме критикуются прагматические соображения, основанные на недопустимости контекстуальности, так как при учете прагматических факторов объяснительные аргументы для некоторого суждения могут иметь контекстуальный характер. Например, для одного исследователя объяснение будет вполне адекватным, для другого – просто ненужным, а для третьего – неубедительным. Во всех ранних объективистских концепциях, направленных на объяснение, не обнаруживается особого интереса к проблеме понимания, так как при анализе понятия «понимание» предполагается необходимым принимать

во внимание субъекта познавательного процесса. Однако учет субъекта познания представлялся проблематичным, так как, по Гемпелю, прагматика в конечном счете ведет к субъективизму.

Тем не менее даже в дедуктивно-номологической схеме имеются определенные ресурсы для определения требований к достижению понимания. Во-первых, хорошее объяснение некоторого явления действительно приводит к его пониманию. Во-вторых, в дедуктивно-номологической формализации, заключение считается понятным, если оно было ожидаемым. Однако аргументация на основе реализации ожидаемого заключения не является убедительной, например в силу известного случая с показаниями барометра. Так, фиксация барометром высокого давления свидетельствует о приближении шторма, но не делает штормовое явление понятным. Объективистские схемы объяснения весьма популярны в философии науки (в частности, унификационистская схема П. Китчера [Kitcher, 1989], каузальная схема В. Салмона [Salmon, 1989]), считается, что с их помощью достигается понимание, если полученное объяснение оказывается эффективным. Отметим, что если в момент появления схемы Гемпеля она критиковалась представителями гуманитарных наук, то в последнее время концепция получила критику также в трудах специалистов по философии естественных наук, в частности по философии физики. В настоящей статье исследованы концепции Н. Картрайт, М. Морган, Х. де Регта, построенные на основе моделей в качестве альтернативы к общим законам, используемым в дедуктивно-номологической схеме Гемпеля.

В современной философии науки концепция Гемпеля критикуется по ряду оснований. Прежде всего, демонстрируется ограниченная значимость общих законов во многих научных дисциплинах, в частности в физике для объяснения конкретных физических явлений. Так, в работах Н. Картрайт показано, что общие законы адекватны для описания абстрактных величин при некоторых специальных идеальных условиях. В то же время для описания реальных физических явлений подходят модели физических теорий. Отметим, что модели в физике представляют собой результат синтеза модифицированной теории, предназначенной для применения к исследованию конкретных явлений и множества данных, представляющих описываемые явления. Приведем аргументы Картрайт против особой значимости фундаментальных законов для объяснения реальных явлений [Cartwright, 1983].

Во-первых, как известно, на основе теоретических законов физики был выведен ряд феноменологических физических законов, многие из

них были подвергнуты тщательной эмпирической проверке и оказались правильными. В связи с этим с учетом обоснованной корректности феноменологических законов утверждается значимость теоретических законов физики для объяснения феноменологических закономерностей. Вывод о значимости теоретических законов опирается на следующую схему. Если из утверждения *A* следует некоторое утверждение *B* и *B* является истинным, то в этом случае правдоподобие *A* увеличивается. Однако по мнению многих специалистов в области философии физики, в частности Картрайт, эта схема верна исключительно для причинных отношений.

Во-вторых, для многих физических явлений до сих пор в большой степени неизвестны теоретические законы физики, описывающие их поведение. Например, до сих пор неизвестны законы образования облаков. Также во многих случаях неизвестны законы, которым подчиняются физические объекты, чье поведение отвечает отдельным физическим законам, относящимся к различным областям физики. Например, в случае двух заряженных тел возникает сила, воздействующая на них по закону Кулона, и в то же время по закону всемирного тяготения Ньютона на тела, имеющие массу, действует гравитационная сила притяжения, прямо пропорциональная массам этих тел и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними. Таким образом, выделяются как электростатические, так и механические силы, однако неизвестен закон, на основе которого определяется изменение движения исследуемых объектов под суммарным действием механических и электростатических сил.

В-третьих, подавляющее множество законов имеют статус законов *ceteris paribus*. Термин «*ceteris paribus*» означает «при прочих равных условиях». Считается, что эти законы почти правильные, и они используются в качестве настоящих законов физики, если более правильные законы еще неизвестны. Одним из способов образования законов *ceteris paribus* является использование известных законов за пределами их применимости. Так, для получения закона *ceteris paribus* подходит сформулированный Дж. Максвеллом принцип непрерывности. В 1879 г. Максвелл на основе кинетической теории газов и принципа непрерывности предложил объяснение вращения лопастей в радиометре при попадании в него световых лучей [Maxwell, 1965, p. 703]. В соответствии с этим принципом физический закон остается практически верным в случае его использования в области, которая незначительно отклоняется от сферы действия закона. Принцип непрерывности, бесспорно, является значимым, но не имеет универсального характера.

Другой способ порождения законов *ceteris paribus* состоит в сжатом формулировании некоторого естественно-научного закона, но при этом не указывается ряд значимых условий, при которых закон оказывается корректным. Рассмотрим второй способ порождения закона *ceteris paribus* на примере закона преломления света. Впервые этот закон был обнаружен В. Снеллиусом. В кратком виде он формулируется следующим образом: угол падения луча света на поверхность связан с углом отражения соотношением $n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2$. Здесь θ_1 и θ_2 – соответственно углы падения и отражения относительно нормали среды при переходе луча из одной среды в другую, а n_1 и n_2 – коэффициенты преломления этих сред; n_i – это коэффициент преломления, который равняется отношению скорости света в вакууме к скорости света в i -й среде. В краткой формулировке этого закона не всегда отмечается, что он верен для изотропных областей, а закон для анизотропных поверхностей имеет более сложный характер. Изотропная среда – это такая область пространства, для которой физические свойства не зависят от направления. Например, для геометрической оптики это означает, что показатель преломления оптически изотропной среды одинаков во всех направлениях.

В-четвертых, фундаментальные законы не описывают реальность. Как правило, эти законы даны в математической форме и их применение для описания физических явлений, как отмечает Картрайт, предполагает два этапа. Вначале осуществляется аккуратное описание изучаемого положения дел и получается так называемое неприготовленное описание. В завершение первого этапа первоначальное описание преобразуется в приготовленное описание. Приготовленное описание осуществляется с учетом подходящей этому описанию математической структуры. На втором этапе производится формализация приготовленного описания.

Позицию, аналогичную позиции Картрайт, отстаивает М. Морган [Morgan, 2000]. Ее аргументы в пользу использования моделей таковы. *Во-первых*, в соответствии с ее концепцией модели в физике и биологии являются посредниками между теориями и описываемыми на их основе исследуемыми явлениями. *Во-вторых*, прагматическая составляющая неустраима из многих вполне объективистских рассуждений, и в частности это относится к применению теорий в качестве инструмента для объяснения изучаемых явлений. Так, исследователи выбирают понятную им теорию с учетом особенностей и достоинств теории, а также индивидуального опыта и квалификации научных работников. Другие исследователи для объяснения того же класса явлений делают выбор в пользу другой теории. Получается, что выбор научного инструментария имеет

прагматическую составляющую. Отметим, что и концепция Гемпеля также в некотором плане носит прагматический характер. Дело в том, что в этой схеме не предлагается полный вывод объясняемого утверждения (эксплананс) на основе посылок (экспланандов). Поэтому некоторые исследователи, обладающие необходимой квалификацией, на основе неполного вывода заключения в дедуктивно-номологической схеме успешно осуществляют построение полного искомого вывода – эксплананса, однако для других специалистов построение полного вывода окажется невыполнимой задачей. *В-третьих*, подвергается сомнению позиция, согласно которой понимание возникает как побочный продукт в результате исключительно успешных объяснений, и защищается предположение о более активной роли понимания в процессе научного познания.

Рассмотрим некоторые идеи относительно экспликации понимания явлений природы на основе связи понятий объяснения и понимания. Бесспорно, что исследователи выбирают для объяснения изучаемого явления интеллигибельную, понятную им теорию. Теория оказывается ясной в силу ее определенных качеств, а также в силу индивидуального опыта и квалификации исследователя. По де Регту, естественно-научная теория является интеллигибельной, если исследователь способен применить ее для описания изучаемых феноменов. Подобная позиция поддерживается некоторыми математиками, в частности А.Н. Колмогоровым. Так, согласно Колмогорову, объекты теории оказываются понятными, если математики знают, как применить теорию. Для современных специалистов в области философии науки применение теории предполагает построение модели теории на основе этой теории и данных, описывающих явление. Согласно Гемпелю, для того чтобы объяснить социальное явление или явление природы, это явление необходимо погрузить в теоретическое поле. Таким образом, построение модели теории означает объяснение исследуемого феномена, и если это объяснение было успешным, тогда изучаемое явление становится понятным. Понимание явления предполагает понимание теории и построение модели, успешно объясняющей это явление.

От приведенных соображений о связи объяснения и понимания перейдем к анализу требований к интеллигибельной теории. Каковы эти требования? В современной философии науки предложены некоторые подходы к определению интеллигибельной теории. Так, Х. де Регт [Regt et al., 2009] выдвинул критерии для понимания изучаемого феномена и интеллигибельности теории. Критерий понимания феномена

формулируется следующим образом. Феномен P понимается научно, если существует теория T этого феномена, которая является интеллигибельной. Теперь сформулируем требования к понятности теории. Научная теория T (в одном или нескольких ее представлениях) является интеллигибельной для исследователей, если они могут определить качественно характеристики следствия теории T без проведения точных вычислений. Фактически де Регт предложил критерий понимания для естественно-научных теорий. Этот критерий близок к требованиям Р. Фейнмана относительно понимания уравнений, описывающих физические явления. Так, уравнения понятны, если исследователь способен получить практически правильное их решение, не производя вычислений.

Предложенный критерий, бесспорно, интересен, но его трудно признать универсальным, например в качестве альтернативы и (или) дополнения к критерию де Регта. Вполне естественным представляется следующий критерий: теория является интеллигибельной, если при ее использовании необходимо существенно меньше информации для описания исследуемого объекта по сравнению с другими, ранее предложенными описаниями объекта. Данный подход в большой степени обусловлен развитием методов сжатия информации. Теоретической основой сжатия информации служит теория колмогоровской сложности [Колмогоров, 1965].

Отметим, что критерий интеллигибельности теорий не является универсальным и по другим основаниям, так как подавляющее множество практических проблем решается без использования формальных теорий. Эти проблемы решаются на основе эвристических алгоритмов, экспериментов, методов моделирования, в том числе с помощью имитационных моделей. Идея значимости имитации в модельных подходах защищается в работах Н. Картрайт [Cartwright, 1983], Дж. Ленхарда [Lenhard, 2009] и др. Имитационные модели служат инструментом исследования сложных явлений, для которых не всегда существуют развитые теории. Часто имитационные модели оказываются успешными в приложениях.

В качестве примера популярного алгоритма приведем алгоритм оптимизации большого затопления, предложенный Г. Диком. Название этого алгоритма связано со следующей аналогией: люди, оказавшиеся на пути потопа, стремятся подняться на наиболее высокий доступный холм. Аналогия состоит в том, что в алгоритме отбрасываются значения оптимизируемой функции, если они оказываются меньше минимально допустимых границ. Дадим описание логики алгоритма.

В традиционных методах оптимизации предполагается, что получено некоторое первоначальное решение задачи и далее в окрестности это-

го решения осуществляется его оптимизация. Однако для решения сложных задач классические подходы неадекватны, так как при небольшой модификации часто получается недопустимое решение. Такого рода задачи не являются непрерывными. Поэтому для подобных проблем, не относящихся к непрерывным, нет смысла искать оптимальное решение в окрестностях первоначального решения. Предположим, что решается задача оптимального объезда множества населенных пунктов. Согласно методу Дика случайным образом выбрасываются некоторые населенные пункты, а также некоторые соседние с ними. Затем решается задача по оптимальному объезду оставшихся населенных пунктов. Далее в граф перевозок возвращаются неучтенные пункты и осуществляется оптимизация с учетом найденного решения для части графа. Полученное решение запоминается, если значение целевой функции оказывается не меньше некоторого порогового значения, т.е. не ниже границы затопления по терминологии разработчиков этого алгоритма [Dueck, 1993].

Оптимизация основана на итерациях алгоритма. Итерационный характер алгоритма может быть эвристическим и обеспечивать понимание решения до того, как оно будет полностью получено. Например, в результате повторений алгоритма исследователь обнаруживает определенную структуру решения и, до того как будут фактически проведены вычисления, правильно предсказывает искомые результаты. Отметим, что алгоритм Дика оказался адекватным для решения самых разных оптимизационных задач. И известно, что на него ссылаются в 700 публикациях, относящихся к различным областям науки.

В настоящее время не существует единых требований, определяющих, какое решение считать понятным, даже в рамках философии математики. Так, в математике понимание достигается, если доказательство теоремы является ясным, и часто этому способствуют геометрические подходы, визуализация решений, диаграммы. В истории математики известен пример абсолютно ясного решения: в качестве такого решения приводится предложенный Гауссом способ определения суммы для конечного отрезка натурального ряда. Отметим, что в практическом плане понятность не столь уж трудно определить. Так, теорема является понятной, если самостоятельное воспроизведение доказательства не вызывает особых затруднений. В философии естествознания также не существует единообразных требований, на основании которых исследуемое явление оказывается понятным. Во-первых, в методологии технических наук не потеряла своего значения схема Гемпеля. Во-вторых, в прикладной математике и естествознании в последнее время считается, что понимание

формальной теории, а также явлений природы, объясняемых посредством этой теории, происходит в том случае, когда исследователь знает, как применить теорию. В-третьих, в случае имитационных моделей в тех областях знания, где нет развитых теорий, считается, что понимание исследуемых явлений имеет место тогда, когда решение на основе имитационной модели, описывающей данное явление, становится понятным до того, как были выполнены все вычисления с помощью этой модели.

По нашему мнению, в связи с проблемой понимания являются перспективными некоторые проекты. Во-первых, это исследование экспликации понимания для моделей, используемых в различных областях знания. Во-вторых, так как понимание теорий часто возникает в случае их применения, представляется перспективным детальное описание причин, в силу которых достаточно часто математические дисциплины и естественно-научные теории оказываются неприменимыми для исследования реальных явлений. В-третьих, интересен проект, направленный на изучение понимания в контексте проблемы сознания. Дело в том, что проблема понимания является частным случаем проблемы сознания, так как при глубоком понимании естественно возникает осознание решаемой проблемы, но в то же время проблема понимания проще проблемы сознания.

Литература

- Вригт Г.Х.* Объяснение и понимание // Логико-философские исследования: Избранные труды. – М.: Прогресс, 1986.
- Гемпель К.* Логика объяснения. – М.: Дом интеллектуальной книги, 1988.
- Дрей У.* Еще раз к вопросу об объяснении действий людей в исторической науке // Философия и методология истории. – М.: Прогресс, 1977.
- Колмогоров А.Н.* Три подхода к определению понятия: «Количество информации» // Проблемы передачи информации – 1965. –Т. 1, вып. 1. – С. 3–11.
- Cartwright N.* How the Laws of Physics Lie. – Oxford: Oxford University Press, 1983.
- Dueck G.* New Optimization Heuristic Sense. The Great Deluge Algorithm and the Record-to-Record Travel // Journal of Computer Physics. – 1993. – Vol. 104. – P. 86–92.
- Kitcher P.* Explanatory Unification and the Causal Structure of the // Scientific Explanation. – Minnesota: Minnesota University Press, 1989.
- Lenhard J.* Simulation Modeling and Scientific Understanding // Scientific Understanding: Philosophical Perspectives. – Pittsburg: University of Pittsburg Press, 2009.
- Maxwell J.* On Stresses in Rarefied Gases Arising from Inequalities of Temperature // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. – N.Y.: Dover Publ., 1965.
- Morgan M.* Unifying Scientific Theories: Physical Concepts and Mathematical Structures. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Regt H., de Leonelli S., Eigner K.* Focusing on Scientific Understanding // Scientific Understanding: Philosophical Perspectives. – Pittsburg: University of Pittsburg Press, 2009.

Salmon W. For Decades of Scientific Explanation // Scientific Explanation. – Minnesota: Minnesota University Press, 1989.

References

Wright G.H. Obyasnenie i ponimanie // Logiko-filosofskie issledovaniya. Izbrannye trudy. – M.: Progress, 1986.

Gempel K. Logika ob'yasneniya. – M.: Dom intellektual'noi knigi, 1988.

Drey Y. Eshe raz k voprosy ob objasnenii deistvii ludei v istoricheskoi nauke // Filosofiya i metodologiya istorii – M.: Progress, 1977.

Kolmogorov A.N. Tri podkhoda k opredeleniyu ponyatiya: «Kolichestvo informatsii» // Problemi peredachi informatsii – 1965. – Tom 1, vyp. 1. – S. 3–11.

Cartwright N. How the Laws of Physics Lie. – Oxford: Oxford University Press, 1983.

Dueck G. New Optimization Heuristic Sense. The Great Deluge Algorithm and Record-to Record Travel // Journal of Computer Physics – 1993. – Vol. 104. – P. 86–92.

Kitcher P. Explanatory Unification and the Causal Structure of the // Scientific Explanation. – Minnesota: Minnesota University Press, 1989.

Lenhard J. Simulation Modeling and Scientific Understanding // Scientific Understanding. Philosophical Perspectives. – Pittsburg: University of Pittsburg Press, 2009

Maxwell J. On Stresses in Rarefied Gases Arising from Inequalities of Temperature // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. – N.Y.: Dover Publisher, 1965. – P. 703.

Morgan M. Unifying Scientific Theories: Physical Concepts and Mathematical Structures. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

Regt H., de Leonelli S., Eigner K. Focusing on Scientific Understanding // Scientific Understanding. Philosophical Perspectives. – Pittsburg: University of Pittsburg Press, 2009.

Salmon W. For Decades of Scientific Explanation // Scientific Explanation. – Minnesota: Minnesota University Press, 1989.

Дата поступления 11.11.2015