

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт философии

ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА И формирование научного знания

Ответственный редактор
кандидат философских наук
Б. Н. ПЯТНИЦЫН



МОСКВА «НАУКА» 1987

В книге освещаются как проблемы собственно индуктивной логики, так и общие философские понятия и категории, функционирующие в научном познании. Исследуются вопросы гносеологического характера, непосредственно связанные с логической проблематикой: роль прагматических факторов в научном познании, индуктивная процедура принятия, аналоги индуктивных процессов, логика открытия.

Редколлегия:

доктор философских наук Д. П. ГОРСКИЙ,
кандидат философских наук С. П. БУДБАЕВА,
кандидат философских наук Б. Н. ПЯТИЦЫН

Рецензенты:

Б. В. БИРЮКОВ, Л. Б. БАЖЕНОВ, В. И. МЕТЛОВ

ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА И ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Утверждено к печати Институтом философии АН СССР

Редактор Н. И. Быстров. Редактор издательства А. А. Осовцов
Художник Ф. Н. Буданов. Художественный редактор С. А. Литвак
Технический редактор Л. И. Куприянова
Корректоры А. Б. Васильев, Л. В. Лукичева

ИБ № 31828

Сдано в набор 05.12.86. Подписано к печати 20.04.87. А-01770. Формат 60×90¹/₁₆
Бумага книжно-журнальная импортная. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая
Усл. печ. л. 11,5. Усл. кр. отт. 11,8. Уч.-изд. л. 13,2. Тираж 3050 экз. Тип. зак. 162
Цена 2 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

И 0302040000—135
02(042)—87 5—1987—II

© Издательство «Наука», 1987 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных тенденций движения научной мысли XX в. является так называемый деятельностный подход, стремление к учету человеческого фактора в познании. Неудивительно, что эта тенденция затронула и логику. Развитие исследований в области искусственного интеллекта, обусловленное потребностями общественной практики, ставит задачу активизации творческих усилий логиков и философов по исследованию логических структур познавательной человеческой деятельности. Одно из ведущих мест здесь занимает проблематика индуктивной логики, непосредственно связанная с прагматическими логиками: логикой решений, логикой выбора, логикой предпочтения и т. д.

История философии и логики свидетельствует о тесном переплетении проблем индуктивной логики (проблем эnumerативной индукции, методов определения причинной связи, аналогии свойств и отношений, эlimинативной индукции, связанной с исключением конкурирующих гипотез и т. п.) с общими проблемами теории познания, с методологией естественных и общественных наук. Такие важнейшие проблемы индуктивной логики, как оправдание индукции, проблема универсального вывода, неопределенность индуктивных рассуждений, использование вероятностных и математических методов в индукции и многие другие, не могут быть не только решены, но фактически и поставлены без обращения к теоретико-познавательным проблемам детерминизма, единства мира, случайности, необходимости, возможности и т. д.

Современное развитие индуктивной логики поднимает также ряд серьезных логико-методологических проблем. Это прежде всего проблема различения логики и методологии, которую серьезно обсуждают зарубежные ученые, начиная с Дж. М. Кейнса и Р. Карнапа, и считают тривиальной многие наши исследователи. Представляется, однако, что проблема эта отнюдь не тривиальна и требует серьезного анализа. При ее обсуждении весьма важно выявить различные функции индуктивной логики в процессе формирования научного знания: как инструмента получения нового знания и как теоретико-познавательной модели развития знания, как логики и методологии. Данные вопросы широко обсуждаются в зарубежной философской и логической литературе, но адекватное их решение возможно лишь с позиций научной философии, в русле теории познания диалектического материализма.

Многие исследователи вслед за Р. Карнапом видят специфику развития современной индуктивной логики лишь в том, что ее системы строятся на отличных от естественного логико-математи-

ческих и вероятностных языках. Однако современная индуктивная логика отличается от традиционной индуктивной логики не только своими экспликатами, но прежде всего тем, что она использует совершенно другие и гораздо более разнообразные экспликандумы. Иными словами, современная индуктивная логика отличается от традиционной не только применением более строгих и точных средств для описания индуктивных процедур, но сами эти процедуры становятся более разнообразными, получают отличную от установившейся в истории индуктивной логики интерпретацию.

Как известно, в традиционной индуктивной логике энумеративная (перечислительная) и элиминативная (исключающая) теории отличались друг от друга прежде всего своими экспликандумами. Действительно, в обеих теориях исследовались индуктивные отношения следования между высказываниями о фактах $I_{i,f}$, но эти отношения, берущиеся в качестве экспликандумов, были различными. В энумеративной индукции в качестве экспликандума выступало отношение между базисными фактами $a_1 \dots a_k$ и сходными с ними по классообразующему свойству B фактами $a_{k+1} \dots a_n$. Было известно, что факты $a_1 \dots a_k$ обладают свойством C , требовалось выяснить — обладают ли этим свойством также и факты $a_{k+1} \dots a_n$. В элиминативной же индукции в качестве экспликандума рассматривается дизъюнкция исключающих друг друга гипотез, из которой элиминируются, отвергаются все гипотезы, за исключением одной. Достаточно очевидно, что это совершенно различные экспликандумы.

Был построен и ряд различных экспликатов, моделей как того, так и другого вида индукции. К ним прежде всего относятся модели энумеративной индукции, базирующиеся на логико-математических и вероятностных языках. Но в основном это модели элиминативной индукции, построенные с помощью обычных естественных языков с элементами символики, применяемой главным образом с целью сокращения.

Важный шаг перехода от традиционной к современной индуктивной логике состоит прежде всего в том, что в ней исследуется не только отношение следования между высказываниями о фактах $I_{i,f}$, но и некоторые другие отношения. Например, для Кейпсовско-Карнаповского направления характерны чисто логическая трактовка самого экспликандума и соответственно чисто синтактико-семантическая конструкция экспликата и вообще всей модели индуктивной логики. Карнап в качестве экспликандума выбирает отношение подтверждения $I_{h,f}$, трактуемое как логическое отношение между гипотезой h и подтверждающими или опровергающими ее фактами f . Оба же экспликата этого отношения — сравнительный и количественный — строятся Карнапом соответственно с помощью двух видов вероятности, которые конструируются чисто синтактико-семантически.

Однако еще Рассел отмечал, что вероятность представляет собой прагматическую категорию, поскольку при ее построении невозможно сбросить со счета субъекта. Прагматика инкогнито

проникает и в первые построения Карнапа. Но этого неявного присутствия прагматики в индуктивных построениях оказывается совершенно недостаточно для создания действенной индуктивной логики. Вот почему в своих последних работах Карнап вынужден был существенно пересмотреть свою трактовку индуктивной логики, что проявилось в его попытке использовать для ее построения не логическую, а субъективную вероятность.

Эти идеи развиваются в построениях расширенных теорий недедуктивных рассуждений, включающих индуктивную логику, Р. Виккерсом (R. Vickers, *Belief and Probability*. Boston, 1971), Д. Поллоком (D. Pollock, *Subjunctive Reasoning*. Boston, 1976), хотя ученые и выбирают для своих исследований довольно различные экспликандумы. Р. Виккерс в качестве экспликандума берет прагматическое понятие частичной веры¹ (отличное от понятия разумной веры, например, у Кейнса) и для его экспликации вводит специальное понятие субъективной вероятности. Д. Поллок же в основу теории кладет в качестве экспликандума сослагательное суждение («если бы.... то»), строя несколько моделей такой «сослагательной» логики. Наиболее совершенная из этих моделей использует специально разработанное понятие вероятности, адекватно описывающее это отношение.

Из всех современных исследователей по индуктивной логике исследование Рейхенбаха, пожалуй, ближе всего примыкает к тем, которые можно назвать «продолжением исследований в русле традиционной индуктивной логики». При построении индуктивной логики Рейхенбах использует в качестве экспликандума обычную эnumerативную индукцию. Ее экспликатом является последовательность, очень близкая по своим свойствам к Брауэровской становящейся последовательности, а индуктивная логика есть теория этих последовательностей, построенная с помощью частотных вероятностей. Поэтому представляется весьма знаменательной характеристика Х. Патнэмом (в его докторской диссертации: «*Inductive Logic and Frequency Theory*») индукции Рейхенбаха как оптимальной исследовательской стратегии². Фактически эту характеристику можно рассматривать как одну из важнейших характеристик индукции в настоящее время. Мысль об индукции как исследовательской стратегии, методологии наук развивалась более или менее осознанно во всех теориях индукции как теории индуктивного поведения (Ч. Пирс, Ю. Нейман). Идея эта присутствует и в последних работах Карнапа, в его высказываниях о связи индуктивного рассуждения с индуктивным поведением.

¹ Возможным русским эквивалентом английского логического термина «вера» («belief») является «уверенность»; он употребляется в теории субъективной вероятности для обозначения ответственного принятия субъектом некоторого предложения на основе имеющегося знания.

² В истории же философии и логики существовали и существуют и иные оценки индукции: как логического процесса, так индуктивного обобщения и т. п.

Интересное воплощение и интенсивное развитие эти идеи получают со второй половины 60-х годов в теориях, которые иногда называют прагматическим направлением современной индуктивной логики (И. Леви, Ф. Шик, Л. Кохеп). В данных теориях исследуется «принятие» как логическое отношение, описываемое в качестве прагматической индуктивной процедуры. Если при анализе логического отношения подтверждения оказывалось возможным так или иначе «объективировать» это отношение в смысле отвлечения от деятельности субъекта, то в логических системах, исследующих отношение принятия, такое отвлечение становится принципиально невозможным. Именно этот факт вызвал в данной ориентации индуктивной логики модификацию технических средств ее построения на основе связи с теорией решений. Это выразилось прежде всего в необходимости учета индуктивного поведения как фактора вывода, учета увязки индуктивного рассуждения с индуктивным поведением.

Один из наиболее заметных представителей данного направления — И. Леви берет в качестве экспликандума для построенной им теории понятие когнитивистской веры («cognitive belief») ³. В своей первой фундаментальной работе «Игра с истиной» (J. Levi. Gambling with Truth. N. Y., 1967) И. Леви строит двухступенчатый экспликат понятия когнитивистской веры. На первой ступени конструируется на основе обычного естественного языка понятие «преодоление агностицизма истиной верой», на второй же ступени строится количественный экспликат этого понятия с помощью прагматических функций полезности и вероятности. Таким образом, метод построения индуктивной логики, описание неопределенности в индуктивной логике осуществляется на основе двух оценок: полезности и вероятности. Это построение является в какой-то степени ответом К. Попперу, который возражает против применения вероятности для построения индуктивной логики.

С помощью количественного экспликата понятия когнитивистской веры И. Леви строит модель научного исследования, которую он называет «игрой с истиной». Название это оправдано тем, что научное исследование рассматривается как игра двух партнеров — исследователя и природы (или исследуемой ситуации). Целью и соответственно выигрышем в этой игре является достижение истины. Трактовка индукции И. Леви фактически представляет собой развитие рейхенбаховского понимания индукции как оптимальной стратегии. Как и во всякой игре, выигрыш в игре с истиной не является неизбежной, но лишь желаемой, хотя и не всегда достижимой ситуацией. Играющему надлежит попытаться найти какую-то стратегию, которая обеспечила бы ему выигрыш либо наиболее коротким путем, либо с наибольшей вероятностью.

³ Термин «когнитивистская вера» обозначает ответственное принятие субъектом предложения (положения) на основе имеющегося знания в определенных условиях, а именно в сфере научного исследования, в сфере познания.

Индукция как оптимальная стратегия в смысле Рейхенбаха дает выигрыш именно с наибольшей вероятностью.

Индуктивная логика, понимаемая как оптимальная стратегия, по параметру наибольшей вероятности может весьма хорошо служить реальным инструментом открытия, получения нового знания. Для компьютера это будет наиболее выгодная стратегия. Что же касается ученых, то они в действительности гораздо чаще предпочитают другую стратегию, пусть приводящую к открытию с меньшей вероятностью, зато более коротким путем. К такой стратегии будет гораздо ближе, скажем, интуиция. Вероятность правильной интуиции крайне мала, но зато она приводит к открытию наиболее коротким путем. Один из моментов развития теории индукции И. Леви как раз и заключается в том, что его теория дает возможность понимания индукции как оптимальной стратегии в более широком плане, предполагающей не только параметр наибольшей вероятности, но и параметр «наиболее короткого пути».

Такой подход в теории индукции стал возможным благодаря перемещению основного направления анализа с индуктивной процедуры подтверждения на индуктивную процедуру принятия, существенному включению в построение индуктивных логических систем факторов прагматики, позволяющих учитывать в логике «человеческий фактор» и рассматривать предложения с присущим им «деятельностным» элементом. Все это, естественно, вызывает модификацию технических средств построения индуктивной логики, попытки осуществления которой в настоящее время присутствуют в прагматической ориентации индуктивной логики.

Советские философы, работающие в области логики и методологии науки, за последние десятилетия провели ряд серьезных исследований в этой области. Однако выходов в область индуктивной логики в настоящий момент еще недостаточно. Потребности же общественной практики выдвинули задачу активизации работ по изучению логических структур познавательной человеческой деятельности. Практических и теоретических трудностей в индуктивной логике заметно больше, чем в дедуктивной логике, и для их преодоления требуются настойчивые усилия исследователей. Область индуктивной логики — это широкое поле деятельности, где у философов и логиков «свои большие возможности стать ближе к практическим задачам, дать в своей области практические рекомендации...»⁴.

Данный сборник можно считать определенным шагом в разработке проблем индукции. В нем представлены конкретные исследования советских авторов по философским проблемам индуктивной логики. Каждая из статей посвящена в основном исследованию какой-то одной проблемы. Однако, поскольку все эти проблемы оказываются тесно связанными между собой, редколлегия

⁴ Смирнов Г. Л. За поворот философских исследований к социальной практике // *Вопр. философии*, 1983, № 9. С. 7.

сочла излишним делить книгу на разделы, а сгруппировала статьи по тематике, определяемой соответствующими проблемами.

Первые шесть статей (Д. П. Горский, В. Н. Костюк, Б. Н. Пятницын и О. Н. Дёмина, С. П. Будбаева, В. А. Светлов, Е. А. Мамчур) посвящены разбору и оценке различных процедур, используемых в индуктивной логике. В этих статьях затрагивается проблема построения систем индуктивной логики, наиболее адекватно отражающих процесс научного исследования. Здесь же обсуждаются вопросы о роли в индуктивной логике, особенно на современном этапе ее развития, синтактики, семантики и прагматики. В ряде статей показывается, что индуктивная логика принципиально всегда была прагматической системой. Именно факт осознания того, что индуктивная логика должна строиться как прагматическая система, с одной стороны, проливает свет на трудности построения формализованных систем индуктивной логики, с другой — характеризует тенденцию ее развития в настоящий момент, определяемую потребностями общественной практики исследования структур человеческой деятельности по оценке и обоснованию научного знания.

Во второй группе статей (Д. П. Горский, С. А. Лебедев, Б. Н. Пятницын и С. П. Рудая, Б. Н. Пятницын и С. Н. Вовк, К. Ф. Самохвалов) рассматривается круг проблем, относящихся к выявлению различных функций индуктивной логики в процессе формирования естественнонаучного знания на различных его этапах, начиная с методов классической индуктивной логики вплоть до методов современной индукции. Здесь же обсуждается вопрос о роли и структуре некоторых неиндуктивных методов — приемников классических индуктивных методов в условиях исследования современных сложных систем методами моделирования.

Данный сборник представляет собой попытку объединить в единую систему исследования советских авторов по индуктивной логике и философским проблемам индукции. Это первый шаг на пути объединения разрозненных (территориально и установочно) исследователей по философским проблемам индукции и построению систем индуктивной логики в единый коллектив. Координирующую роль в создании такого коллектива взял на себя сектор логики Института философии АН СССР.

Представленные в настоящей книге результаты исследований по философским проблемам индуктивной логики могут служить основой для развития комплексной исследовательской программы по индуктивной логике и методологии развития научного знания.

Д. П. Горский, С. П. Будбаева, Б. Н. Пятницын

В. Н. КОСТЮК

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ И ПРИНЯТИЕ ГИПОТЕЗЫ

Имеются три вида обоснованности гипотез свидетельствами: совместимость, подтверждение и приемлемость (т. е. возможность принять гипотезу на основе свидетельства). Первый из этих видов обоснованности имеет дедуктивную природу, два других вида индуктивны.

Свидетельство e совместимо с гипотезой h , если, и только если из e не следует отрицание h . Если гипотеза несовместима со свидетельством, то свидетельство (дедуктивно) опровергает эту гипотезу. Одним из способов дедуктивного опровержения гипотез является правило модус толленс $A \supset B, \sim B \vdash \sim A$. Мы увидим дальше, что существуют и недедуктивные способы опровержения гипотез.

Подтверждение является более сильным видом обоснованности гипотез, чем совместимость. Свидетельство подтверждает гипотезу, если гипотеза совместима со свидетельством и если она обоснована при наличии истинного свидетельства в большей степени, чем при его отсутствии (т. е. если свидетельство вносит положительный вклад в обоснование гипотезы).

Помимо гипотез h и свидетельств e , при рассмотрении процедур подтверждения и принятия гипотез будем использовать также исходное знание i , образующее «фон», на котором выдвигаются гипотезы и ставятся эксперименты. Иногда в качестве i будем рассматривать совокупность граничных и начальных условий, а также вспомогательных гипотез, с помощью которых осуществляется выведение из гипотезы эмпирических следствий. Для рассмотрения процедуры принятия h , помимо свидетельств и исходного знания i , существенно также множество H альтернативных гипотез, к которому принадлежит данная гипотеза h .

В теории перечислительной индукции принимается, что общие утверждения подтверждаются своими положительными примерами и опровергаются отрицательными примерами (контрпримерами). Такое понимание подтверждения приводит к парадоксам (парадоксы Гемпеля и Гудмана). Парадокс Гемпеля состоит в том, что при некоторых правдоподобных утверждениях каждая гипотеза вида

$$(1) \quad \forall (x) (P(x) \supset Q(x))$$

подтверждается не только каждым объектом, имеющим свойства

P и Q , по и любым предметом со свойствами $\sim P$ и $\sim Q$. Парадокс Гудмана состоит в обнаружении того, что не существует формального способа различать нормальные (подтверждаемые) гипотезы вида «все изумруды зеленые» от ненормальных (неподтверждаемых) гипотез вида «все изумруды зелубые» (т. е. зеленые, если они исследовались на цвет до момента времени t , и голубые в противном случае). Как мы увидим далее, это не столько парадокс подтверждения, сколько парадокс принятия гипотезы.

Оба парадокса хорошо согласуются с тем известным в теории индукции фактом, что накопление положительных примеров может не только не увеличить, но даже уменьшить обоснованность индуктивного заключения. Все это заставляет более тщательно относиться к определению понятия «положительный пример гипотезы». В дальнейшем вместо «примеров» мы будем говорить об эмпирических следствиях изучаемой гипотезы. Положительному примеру соответствует истинное эмпирическое следствие, контрпримеру — ложное. Такое определение лучше соответствует практике научного исследования и не связывает методолога и историка науки с чрезмерно простым представлением научной гипотезы посредством схемы (1). Кроме того, это позволяет лучше определить важные понятия проверяемости и независимой проверяемости гипотез.

Пусть $E(t)$ — множество экспериментов, которые можно осуществить к моменту времени t , R — некоторая гипотеза, i — граничные и начальные условия для h и вспомогательные гипотезы. Пусть $h, i \vdash^{Ee}$ означает, что e выводимо из h и i и что существует эксперимент из $E(t)$, позволяющий установить, истинно e или ложно. Назовем примерами h множество $D(h) = \langle e: h, i \vdash^{Ee} \rangle$. Истинные элементы этого множества образуют множество $D^+(h)$ ее положительных примеров, а ложные элементы образуют множество $D^-(h)$ контрпримеров. Все эти множества являются функциями времени.

Гипотеза h проверяема, если соответствующее ей множество $D(h)$ непусто. Она независимо проверяема (относительно множества H ее альтернатив), если h проверяема и если по крайней мере одно из ее следствий, благодаря которым она проверяема, невыводимо из альтернатив, принадлежащих множеству $H - \langle h \rangle$.

Наиболее сильным видом индуктивной обоснованности является приемлемость. Гипотеза может быть принята на основе свидетельства, если она подтверждается этим свидетельством в большей степени, чем любая из известных ее альтернатив (конкурентных гипотез). Этим подчеркивается конкретно-исторический характер процедуры принятия гипотезы. Приемлемость гипотезы зависит не только от нее самой и имеющихся свидетельств, но и от совокупности H альтернатив, зависящих от достигнутого уровня знания и изменяющихся с течением времени.

В результате становится ясным существенное различие между индуктивными процедурами подтверждения и принятия гипотезы. Каждая гипотеза подтверждается своими истинными эмпириче-

скими следствиями, но не каждая подтвержденная гипотеза может быть принята. Если подтверждаться одними и теми же данными одновременно могут многие (но не все) конкурентные гипотезы, то быть принятой (одним и тем же исследователем или сообществом в одно и то же время) может только одна из них. При этом различные исследователи и научные сообщества могут принимать различные гипотезы в одно и то же время и на основе одинаковых данных.

Если подтверждение зависит только от данной гипотезы, свидетельств и уровня развития экспериментальной техники $E(t)$, то приемлемость гипотезы зависит дополнительно от многих объективных и субъективных факторов (см. также [13]), причем субъективные факторы здесь весьма существенны. Принятие гипотезы осуществляется человеком, на решение которого значительно влияют его представления. Среди этих представлений важное место занимают «эпистемические ценности» ученого (научного сообщества, к которому он принадлежит). В соответствии с этими ценностями выдвигаемая гипотеза должна быть проверяемой и объяснять все имеющиеся экспериментальные данные, относящиеся к определенной предметной области, исходя из небольшого числа основных принципов и законов: принимаемая гипотеза должна успешно выдержать независимую проверку и т. д. Конкретный перечень эпистемических ценностей определяется особенностями исторического развития той или иной науки.

Наиболее важная эпистемическая ценность связана с истиной. Неписанный кодекс научной честности гласит, что каждый ученый должен стремиться к истине. Но отношение между приемлемостью гипотезы и ее истинностью сложное: принимаемая гипотеза не обязательно истинна (поскольку принятие является индуктивной, а не дедуктивной процедурой и не исключает ошибок), а истинная гипотеза не обязательно (по тем же основаниям) будет принята. Иногда гипотеза приписывается не потому, что она истинна, а просто в силу того, что не известны лучшие альтернативы. Таким образом, незнание (неразработанность множества H альтернатив) может быть аргументом в пользу принятия определенной гипотезы.

С точки зрения теории познания приемлемую гипотезу можно считать приблизительно верным утверждением о реальности, т. е. рассматривать ее как объективную и относительную истину. Ее объективная истинность определяется истинностью свидетельств в ее пользу (как экспериментальных, так и теоретических). Ее относительная истинность проявляется в зависимости процедуры приемлемости от полноты свидетельства (при более полном свидетельстве ранее принятая гипотеза может оказаться неприемлемой, и наоборот), от числа и характера рассматриваемых альтернатив, от социально-исторических условий, в которых решается вопрос о принятии гипотезы.

Помимо явных эпистемических ценностей, на приемлемость гипотезы оказывает влияние много неявных (иногда скрываемых)

факторов. К ним относятся групповые интересы членов научного сообщества, их представления о научной респектабельности, предубеждения и привычки, забота о личной карьере и т. п.

Уточнение (реконструкцию) процедур подтверждения и принятия гипотезы производят в вероятностной теории индукции. Для этого в подходящем языке L строится бесконечное семейство вероятностей P , удовлетворяющее обычным аксиомам вероятности:

A1. Если $\vdash A$, то $P(A) = 1$, если $\vdash \sim A$, то $P(A) = 0$.

A2. Если $\vdash A \supset B$, то $P(A) \leq P(B)$.

A3. $P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A \wedge B)$.

A4. Если $\nvdash \sim B$, то $P(A, B) =_{df} P(A \wedge B) / P(B)$.

Затем можно поступать двояким образом: либо идти по пути определения конкретных значений вероятностей в зависимости от внутренней структуры языка L , логической формы гипотез и свидетельств как предложений этого языка (для этого к аксиомам A1 — A4 добавляется ряд новых аксиом), либо использовать персональную концепцию вероятностей.

По первому пути пошли Р. Карнап, Я. Хинтикка и другие исследователи, главным образом финской школы индукции (обзор полученных ими результатов содержится в [71]). Для всех работ этого направления характерна сложность соотношения полученных мер вероятности утверждениям реальной науки, несоответствие между простым языком, для которого решена проблема представления вероятности, и сложным языком современной науки.

На втором пути, который при рассмотрении методологических проблем теории индукции более перспективен, используются не сами вероятности, а их персональные оценки, которые также подчиняются аксиомам вероятности (и, следовательно, также могут рассматриваться как «вероятности»). Эти оценки не обязательно привязываются к внутреннему строению языка L и в определенной степени могут быть заданы произвольно. Главное ограничение состоит в том, что формирование оценок должно удовлетворять четкому стандарту рациональности. Рациональность поведения исследователя означает, что при установлении им персональных оценок вероятностей он должен руководствоваться только имеющимся у него знанием, соблюдением аксиом вероятностей и пересмотром оценок вероятностей при получении дополнительного знания.

Персоналистическая концепция вероятностей требует некоторого пересмотра аксиом вероятностей A1 — A4. Во-первых, к аксиоме A1 добавляется пункт: если $\nvdash A$ и $\nvdash \sim A$, то $0 < P(A) < 1$. (Предложение A , удовлетворяющее этому условию, назовем фактическим, или эмпирическим. В дальнейшем будем предполагать, что все гипотезы h и свидетельства e эмпирические.) В результате любое непротиворечивое обобщение получает ненулевое значение вероятности. Кроме того, добавляется новая

аксиома:

А5. Если $\vdash A_1 \vee \dots \vee A_n$ и $\nvdash \sim B$, то

$$P(A_i, B) = P(A_i) \cdot P(B, A_i) / \sum_{j=1}^n P(A_j) \cdot P(B, A_j).$$

Это знаменитая теорема гипотез Бейеса. Она является орудием пересмотра оценок вероятностей согласно стандарту рациональности.

При этом у разных исследователей могут быть различные персональные вероятности. Они могут изменяться с течением времени. Изменение происходит либо в силу изменения знаний исследователя, либо по другим причинам. Персональную вероятность исследователя a будем обозначать символом Pa .

В предположении, что вероятности построены, приступим к анализу подтверждения и приятия (опровержения) гипотез. Простейшая вероятностная модель подтверждения гипотезы h свидетельством e при данном исходном знании i характеризуется вероятностным неравенством

$$(2) \quad P(h, e \wedge i) > P(h, i).$$

Р. Карнап [8] называет (2) критерием положительной релевантности.

Главная особенность этого определения состоит в том, что подтверждение понимается не как условная вероятность гипотезы относительно свидетельства, а как *увеличение* вероятности гипотезы в случае истинности свидетельства. Однако, поскольку числовые значения $P(h, e \wedge i)$ и $P(h, i)$ обычно неизвестны, определение [2] часто бесполезно для установления факта подтверждения конкретной гипотезы конкретным свидетельством. Вообще в научной практике ученые никогда не вычисляют количественной степени подтверждения интересующих их гипотез. Частично это связано с неаддитивностью факторов, совместно подтверждающих гипотезу [9]. Поэтому, помимо определения (2), принципиальное значение имеет следующая основная теорема подтверждения (см. [3]), дающая качественный, а не количественный критерий подтверждения гипотез свидетельствами:

$$(3) \quad \text{Если } h, i \vdash e, i \nvdash e \text{ и } 0 < P(i) < 1, \text{ то } e \text{ подтверждает } h \text{ независимо от конкретных значений вероятностей } h, e \text{ и } i. \text{ Или короче: каждая гипотеза подтверждается своими эмпирическими свидетельствами.}$$

Эта теорема оправдывает принятое выше определение положительного примера гипотезы и служит одной из основ гипотетико-дедуктивного метода. Она показывает также, что подтверждение в форме (3) не зависит от мнения исследователя.

То, что следствие e в (3) должно быть эмпирическим, существенно. При $P(e) = 1$ выполнение неравенства (2) невозможно: никакое свидетельство с априорной вероятностью 1 не может под-

твердить никакой гипотезы. Это свойство подтверждения иногда используется для критики определения (2) и теоремы (3). Пусть в качестве e используется наблюдение смещения перигелия Меркурия, в качестве h — общая теория относительности. Известно, что e подтверждает h . Но, поскольку e хорошо известно, то можно положить $P(e) = 1$. Тогда e не будет подтверждать h в смысле определения (2), что говорит, казалось бы, против такого определения подтверждения [10]. На самом же деле, поскольку такое e не есть теорема языка L , всегда должно выполняться неравенство $P(e) < 1$ в силу аксиомы вероятности A1. Поэтому, с точки зрения (2), (3) и A1, рассматриваемых совместно, смещение перигелия Меркурия подтверждает общую теорию относительности¹ в полном соответствии с историей физики.

Ясно, что неравенство (2) и теорема (3) не эквивалентны. В частности, подтверждение (3) транзитивно влево: если e подтверждает h и $h_1 \vdash h$, то e подтверждает h_1 . Но подтверждение на основе (2) не обязательно транзитивно (влево или как-то иначе). Следовательно, можно говорить о транзитивном влево и нетранзитивном подтверждении.

Теорема (3) позволяет понять и такую особенность подтверждения, как неоднозначность: одно и то же свидетельство может подтверждать различные (и даже альтернативные) гипотезы. Эта теорема позволяет также понять принцип, согласно которому гипотеза не может подтверждаться теми фактами, которые она собирается объяснить. Для этого достаточно предположить, что эти факты содержатся в исходном знании i .

Простейшая вероятностная модель приемлемости гипотезы h исследователем a на основе свидетельства e и исходного знания i выражается неравенством

$$(4) \quad Pa(h, e \wedge i) > Pa(h_j, e \wedge i),$$

которое должно выполняться для любой гипотезы $h_j \in H - \langle h \rangle$.

Здесь H — множество рассматриваемых субъектом a альтернатив. Его роль в (4) не менее (а, может быть, даже более) важна, чем роль персональной вероятности Pa . Изменение H может привести к принятию другой альтернативы, даже если e и i останутся неизменными. Чем больше H , тем более строгому испытанию подвергается гипотеза, выбираемая по схеме (4).

Этим подчеркивается значение научных дискуссий, различных научных школ, направлений и вообще всего, что влияет на H . Благодаря H ученый не ограничивается одной «любимой» гипотезой и вынужден принимать во внимание все ее альтернативы, в том числе те, какие представляются ему маловероятными. Вооб-

¹ Недавно обнаружено, что учет сплюснутости Солнца у полюсов несколько уменьшает согласие между предсказанным в теории Эйнштейна значением смещения перигелия Меркурия и его наблюдаемым значением. Выяснение вопроса о том, насколько велико их различие, требует углубления представлений о внутреннем строении Солнца.

ще, поскольку принимаемые научные гипотезы и теории не являются дедуктивно доказанными, всегда возможно существование гипотез и теорий, более глубоких по сравнению с принятыми. Поэтому для дальнейшего развития науки важно сохранить и расширить «генетический фонд» разнообразных теоретических представлений, фиксирующих изобретательность человеческого ума при объяснении накопленных в той или иной науке данных.

Вероятность Pa в неравенстве (4) выражает зависимость акта принятия гипотезы от субъекта познания a (от научного сообщества, которому a принадлежит). Если заменить a на b , где b — представитель другой научной школы, то неравенство (4), верное для Pa , может не выполняться для Pb . Это соответствует реальности развития науки, где нельзя отвлечься от наличия различных научных сообществ, направлений и школ, руководствующихся различными эпистемическими ценностями.

Подчеркнем, что зависимость акта принятия гипотезы от субъекта исследования не означает наличия произвола в теории индукции. В действительности речь идет только о зависимости принятия гипотезы от уровня знаний ученого. Иначе говоря, этим подчеркивается историзм, а не субъективизм акта принятия гипотезы.

Частичная зависимость принятия (и тем самым отвергания) гипотезы от способа построения персональной вероятности Pa объясняет, почему принятие и отвергание гипотезы (теории) не является обязательным для всех исследователей. Это объясняет также, почему научная теория может продолжать развиваться некоторое время, и не согласуясь с экспериментом.

В простейшем случае, когда $H = \langle h, \sim h \rangle$ условие (4) можно записать в виде: гипотеза h может быть принята исследователем на основе свидетельства e при исходном знании i , если

$$(5) \quad Pa(h, e \wedge i) \geq 1 - \varepsilon, \quad 0 \leq \varepsilon < \frac{1}{2}.$$

(Это неравенство Карнап назвал в [8] критерием высокой вероятности.) Если $Pa(h, e \wedge i) \leq \varepsilon$, то можно отвергнуть h .

Соответствующие (5) индуктивные правила принятия и отвергания можно назвать вероятностным правилом принятия (ВПП) и вероятностным правилом отвергания (ВПО). В силу аксиомы А2 для ВПП верна транзитивность вправо: если принимаема некоторая гипотеза, то принимаемы и любые ее следствия. Полагая $\varepsilon < 1/k$, можно распространить эти правила на k различных альтернатив, дизъюнкция которых истинна.

Вероятностные правила принятия и отвергания гипотез не позволяют ответить на вопрос, поставленный В. В. Налимовым: поскольку неожиданные (к ним относятся перспективные и глубокие) гипотезы маловероятны в свете сегодняшних научных данных, то какие имеются рациональные основания для их принятия [6]? Сама постановка этого вопроса предполагает существование других правил, отличных от чисто вероятностных.

Рассмотренные правила имеют и такую особенность: ВПП не замкнуто относительно конъюнкции (из приемлемости h_1 и приемлемости h_2 на основе e не следует приемлемость $h_1 \wedge h_2$ на той же основе), а ВПО не замкнуто относительно дизъюнкции (из отвергаемости h_1 и отвергаемости h_2 свидетельством e не следует отвергаемость $h_1 \vee h_2$ тем же свидетельством). Эта особенность сразу следует из аксиом А2 и А4, но кажется странной с точки зрения дедуктивных правил вывода $A_1, \dots, A_n \vdash A_1 \wedge \dots \wedge A_n$ и $\sim A_1, \dots, \sim A_n \vdash \sim (A_1 \vee \dots \vee A_n)$, допускающих переформулировку в виде следующего правила принятия и отвергания гипотез:

(Д) Из приемлемости каждой из $n \geq 2$ гипотез следует и приемлемость их конъюнкции, а из отвергания каждой из $n \geq 2$ гипотез следует и отвергание их дизъюнкции.

Ясно, что совместное употребление ВПП, ВПО и (Д) может привести к противоречию. Примером может служить «лотерейный парадокс» [14]. Рассмотрим «честную» лотерею с одним миллионом билетов, каждый из которых имеет одинаковую вероятность выигрыша 10^{-6} . Пусть $h_i, i = 1, \dots, 10^6$ есть гипотеза « i -й билет не выиграет». Тогда $P(h_i) = 1 - 10^{-6}$. Если $\epsilon < 10^{-6}$, то каждая такая гипотеза приемлема по ВПП. Используя (Д), принимаем гипотезу «ни один билет не выиграет», противоречащую «честности» лотереи. Это лотерейный парадокс для ВПП. Для ВПО парадокс получается аналогично, только вместо гипотез h_i рассматриваются гипотезы h_j « j -й билет выиграет», $j = 1, \dots, 10^6$.

Иногда лотерейный парадокс считают доказательством невозможности ВПП и ВПО. Рассмотрение этого вопроса мы отложим до построения более реалистического правила принятия и отвергания гипотез.

Для построения такого правила используем следующие две функции, выражающие степени подтверждения гипотез свидетельствами:

$$(6) \quad C^*(h, e) = \frac{P(h, e) - P(h)}{P(h, e) + P(h)},$$

$$(7) \quad C(h, e) = P(h, e) - P(h).$$

В отличие от вероятности они могут принимать отрицательные значения. Максимум достигается ими в случае, когда $e \vdash h$, и минимум — когда $e \vdash \sim h$.

Соответственно строим два правила принятия гипотез. C^* -правило советует выбирать гипотезу $h \in H$ с наибольшим значением $C^*(h, e)$. C -правило предлагает предпочесть гипотезу $h' \in H$ с наибольшим значением $C(h', e)$.

C^* -правило применяется при выборе между различными альтернативами. Его основные свойства таковы.

(8) $C^*(h_i, e) > C^*(h_j, e)$, если, и только если $P(e, h_i) > P(e, h_j)$. Иначе говоря, это правило отдает предпочтение гипотезе с наибольшим правдоподобием.

Далее, если e_1 и e_2 — различные свидетельства, то

$$(9) \quad C^*(h, e_1) < C^*(h, e_1 \wedge e_2) > C^*(h, e_2),$$

если, и только если $P(e_1, e_2) < 1$ и $P(e_2, e_1) < 1$ (т. е. если эти свидетельства новые друг для друга).

Это свойство объясняет стремление исследователя (и теории перечислительной индукции) использовать при проверке гипотезы как можно более разнообразные свидетельства. В пользу хорошей проверки теории Максвелла говорит, в частности, то, что исследование магнитных полей Земли, Юпитера и галактик не обнаруживает отклонений от уравнений этой теории.

Кроме того,

$$(10) \quad \text{при } P(h_i) = P(h_j), \quad C^*(h_i, e) > C^*(h_j, e), \quad \text{если, и только если } P(h_i, e) > P(h_j, e).$$

Эта теорема показывает, что ВПШ можно применять (и соответственно лучше не применять правило (Д)) при выборе между «равноценными» (одинаково информативными) гипотезами.

В отличие от C^* -правила C -правило применяется при выборе между гипотезами, которые не являются альтернативными (и, следовательно, допускают соединение посредством конъюнкции). Характеристическое свойство (на него обращено внимание в [15]) этого правила формулируется следующим образом:

$$(11) \quad \text{Если } h_1 \vdash e, \text{ то } C(h_1 \wedge h_2, e) = P(h_2, h_1) C(h_1, e).$$

Для C -функций справедливы также аналоги теорем (9) и (10).

С помощью C -правила можно оценить обоснованность гипотезы о зеленых изумрудах. Запишем ее в виде конъюнкции $h_1 \wedge h_2$, где h_1 означает «все изумруды, исследованные на цвет до момента времени t , зеленые», а h_2 означает «все изумруды, не исследованные на цвет, голубые». Пусть свидетельство e устанавливает, что некоторые изумруды, исследованные на цвет до момента t , зеленые. Тогда $h_1 \vdash e$, $h_1 \wedge h_2 \vdash e$ и e подтверждает «ненормальную» гипотезу о зеленых изумрудах.

Но из (11) видно, что степень, с какой e подтверждает «ненормальную» гипотезу $h_1 \wedge h_2$, меньше степени, с какой e подтверждает «естественную» гипотезу h_1 . Если вероятность $P(h_2, h_1)$ бесконечно малая (это означает неверие исследователя в то, что наблюдение изумруда влияет на его цвет), то и степень подтверждения всей «ненормальной» гипотезы будет бесконечно малой; такая гипотеза неизбежно будет отвергнута.

Однако полного решения парадокса Гудмана это рассуждение не дает. Дело в том, что на чисто формальной основе нельзя отличить совершенно произвольные «зеленые» предикаты от введения новых теоретических сущностей, приводящих к глубоким научным изменениям или даже к научным революциям. Для оценки степени их подтверждения бессмысленно апеллировать к существующему состоянию научного знания и к данной персональной оценке вероятностей: они неизбежно будут занижать (возможно,

до бесконечно малой величины) индуктивную обоснованность «сумасшедших» гипотез.

Решение вопроса о подтверждении таких гипотез надо предоставить будущему развитию науки, когда произойдет перестройка содержания научного знания и персональных вероятностей (оценок) исследователей. Те гипотезы, бесконечно малые значения степени подтверждения которых станут достаточно большими, будут рассматриваться историками науки как «сумасшедшие», но верные теории; а те, степень подтверждения которых так и останется бесконечно малой, по-прежнему будут называться «ненормальными», абсурдными и пр.

Соотношение (11) позволяет ответить и на такое возражение Глаймора: поскольку подтверждение (3) транзитивно влево, то из того, что e подтверждает h , следует, что e подтверждает и $h \wedge h'$, даже если h' не связана с h по смыслу (подтверждение irrelevantных конъюнкций). Выходит, что свидетельство, подтверждающее общую теорию относительности, будет тем самым подтверждать и конъюнкцию этой теории с психоанализом. По мнению Глаймора, подтверждение irrelevantных конъюнкций образует сильный довод против теоремы (3) и гипотетико-дедуктивного метода [10].

Но это замечание не имеет той силы, какую ему приписывает Глаймор. Из (11) видно, что свидетельство в пользу общей теории относительности, не следующее из психоанализа, подтверждает общую теорию относительности сильнее, чем конъюнкцию ее с психоанализом. Более того, как показывает формулируемая ниже основная теорема о приемлемости, такое свидетельство образует довод против принятия психоанализа, если в качестве его единственной альтернативы рассматривается общая теория относительности. И только если будет обнаружена глубокая внутренняя связь между психоанализом и общей теорией относительности, в силу которой свидетельство, следующее из общей теории относительности, будет следовать и из психоанализа, то оно будет подтверждать обе эти теории в одинаковой степени. Таким образом, подтверждение irrelevantных конъюнкций не заставляет нас принимать irrelevantные утверждения.

Основная теорема о приемлемости основана на C^* -правиле и формулируется следующим образом:

(12) Пусть T_1 и T_2 — конкурирующие научные теории, e — их общая экспериментальная основа, $T_1 \vdash e$, $T_2 \vdash e$. Пусть e' — отчет о результатах новых экспериментов, такой, что $T_1 \nvdash e'$, $T_2 \vdash e'$ $0 < P(T_1) < 1$. Тогда, если e' верно, то T_2 можно принять, а T_1 отвергнуть, причем основание для принятия T_2 тем сильнее, чем больше «удельный вес» e' в совокупности данных $e \wedge e'$.

Эта теорема является переинтерпретацией основной теоремы подтверждения, исходное знание i которой рассматривается теперь как «старая» теория T_1 , а гипотеза h — как «новая» теория T_2 . Благодаря этой переинтерпретации основную теорему подтверждения можно использовать для качественной характеристики

условий, при которых T_2 подтверждается в большей степени, чем T_1 , т. е. условий приемлемости T_2 при сопоставлении ее с T_1 . Доказательство этой теоремы основано на теореме (8).

Разумеется, предпочтение, которое было отдано здесь теории T_2 , может измениться при появлении новой альтернативы T_3 , или новых данных e'' . Поэтому вопрос о принятии T_2 на основе указанных соображений нельзя считать решенным в абсолютном смысле.

Свидетельство e' можно понять как набор верных предсказаний и объяснений, какие, при данном $H = \langle T_1, T_2 \rangle$ могут быть сделаны только с помощью T_2 . Иначе говоря, e' обеспечивает независимую от T_1 проверку теории T_2 . Принятие T_2 можно рассматривать как результат ее успешной и независимой от T_1 проверки. Таким образом, если основная теорема подтверждения показывает, что проверяемость гипотезы может привести к ее подтверждению, то основная теорема о приемлемости обнаруживает, что независимая проверяемость может привести к принятию гипотезы.

Назовем гипотезу *строго проверяемой*, если она: а) независимо проверяема, причем б) следствия, благодаря которым она независимо проверяема, неожиданны; в) принимаема при большом числе конкурентных гипотез, образующих множество H в (4). Теперь можно сказать, что принятие гипотезы тем обоснованнее, чем более строгой проверке она была подвергнута (т. е. можно говорить не только о степени подтверждения, но и о степени приемлемости гипотезы). Строгая проверяемость принятой гипотезы, а также тот факт, что принятие на основе (12) не зависит от конкретных значений персональных вероятностей, показывает объективность процесса выбора научной гипотезы с помощью основной теоремы о приемлемости (несмотря на то что сама процедура принятия гипотезы существенно зависит от персональных оценок вероятностей).

Пункт в) в определении строгой проверяемости позволяет поставить вопрос о том, что произойдет, если множество H содержит более чем две альтернативы. Пусть, например, $H = \langle T_1, T_2, T_3 \rangle$. Тогда может случиться, что и T_2 и T_3 независимо проверяемы при сопоставлении каждой из них с T_1 , но не могут быть проверены независимо друг от друга. В этом случае возможно, что часть исследователей примет T_2 , а часть примет T_3 . Впоследствии может оказаться, что либо T_2 и T_3 равносильны, либо одна из них может быть проверена независимо от другой. Но скорее всего будет выдвинута альтернатива T_4 , более обоснованная, чем T_2 и T_3 .

Критерий принятия на основе (12) полностью соответствует тому, что реально делают ученые, но иногда он работает с опозданием, а иногда с опережением. В качестве примера действия этого критерия с опозданием можно взять историю принятия теории тяготения Ньютона, конкурентом которой была теория вихрей Декарта, и историю принятия общей теории относительности, конкурентом которой была теория тяготения Ньютона.

Во второй книге «Начал» Ньютон показал, что теория вихрей Декарта приводит к предсказаниям, несовместимым с законами Кеплера. В отличие от этого в своей теории Ньютон не только вывел законы Кеплера, но и показал, почему они справедливы только приближительно. Он объяснил физический смысл каждого закона Кеплера, объяснил прецессию и ее количественное значение, что, хотя и было ранее известно, но выглядело совершенно загадочным [9]. Тем не менее признание теории Ньютона происходило с трудом.

Аналогичная история произошла позже с общей теорией относительности. Теория Эйнштейна объяснила дополнительно поворот перигелия Меркурия, гравитационное смещение частоты излучения и отклонение световых лучей при прохождении их вблизи Солнца, чего не могла сделать ньютоновская теория тяготения. Тем не менее научный мир не спешил с признанием релятивистской теории тяготения, которая, казалось, более походила на философию, чем на физику.

Ситуация резко изменилась в пользу общей теории относительности лишь с начала 60-х годов, когда были открыты квазары, реликтовое излучение, пульсары и рентгеновские звезды. Последние сделали реальным обнаружение «черных дыр» — объектов, которые нельзя понять без общей теории относительности. Критерии общей теории относительности оказались существенными и при построении моделей элементарных частиц. На основе этой теории возникла современная релятивистская космология — теория горячей расширяющейся Вселенной. Косвенно подтверждаются и такие следствия общей теории относительности, как существование гравитационных волн и гравитонов. Тем самым доля e' в $e \wedge e'$ настолько расширилась, что вопрос о принятии общей теории относительности (по крайней мере при сопоставлении ее с теорией Ньютона) был полностью решен ².

Примеры принятия теории с опережением можно взять из быстро развивающейся физики высоких энергий. Прямая проверка теории электрослабых взаимодействий предполагает экспериментальное обнаружение того, что при больших энергиях (порядка 100 Гэв) безмассовый фотон и тяжелые W^+ , W^- , Z^0 -мезоны будут вести себя одинаково. Их различие при низких энергиях объясняется «спонтанным нарушением симметрии». Предсказания этой теории для низких энергий настолько хорошо согласуются с наблюдением, что она стала общепринятой уже сейчас, хотя еще далеко не достигнута энергия, при которой перечисленные частицы ведут себя одинаково.

Аналогичная ситуация должна произойти, по-видимому, и с «великим объединением» — теорией, объединяющей в единое целое сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия. Есть

² Изменение множества альтернатив H , не говоря уже о появлении новых экспериментальных данных, может заставить ученых вновь вернуться к этому вопросу. Но для этого потребуются более изощренные альтернативы, чем теория тяготения Ньютона.

основания полагать, что эта теория будет принята, когда экспериментально обнаружится нестабильность протона (новое неожиданное следствие e' этой теории), а не тогда, когда будет достигнута огромная энергия в 10^{15} Гэв, при которой, согласно этой теории, указанные взаимодействия будут вести себя одинаково.

Заметим, что сама возможность принятия теории на основе (12) с запозданием или с опережением зависит, по-видимому, от того, что приемлемость теории выражается персональными оценками, чувствительными к индивидуальным и групповым предпочтениям ученых. Отметим также, что если в теореме (12) условие $T_1 \nvdash e$ усилить до $T_1 \nvdash \sim e'$, то $P(e', T_1) = 0$, и выбор между T_1 и T_2 можно рассматривать двояко: или на основе (12), или по схеме «решающего» эксперимента: $T_1 \vee T_2, i, T_1 \wedge i \supset \sim e', T_2 \wedge i \supset e', e' \vdash T_2$. Таким образом, основную теорему о приемлемости можно рассматривать как обобщение схемы «решающего» эксперимента на случай, когда из второй альтернативы не обязательно следует отрицательный результат эксперимента.

Для полного понимания методологической значимости теоремы (12) интересен и такой вопрос. Допустим, что теория T_2 принята по схеме (12), но еще не выдвинута новая альтернатива T_3 , способная поколебать решение о принятии T_2 . Какого рода изменения в научном знании вызываются этим принятием?

Прежде всего происходит «нормальная» научная деятельность по выявлению и проверке новых следствий T_2 . Но параллельно происходит также изменение персональных оценок «вероятности» (обоснованности) T_2 . Уже после принятия этой теории по схеме (12) исследователь имеет основание приписать T_2 настолько большое персональное значение вероятности, что становится верным неравенство

$$(13) \quad Pa(T_2, e \wedge e' \wedge i) \geq 1 - \varepsilon, \quad 0 \leq \varepsilon < \frac{1}{2},$$

даже если раньше это было не так. Таким образом, теория T_2 принимается, вообще говоря, не потому, что верно (13). Напротив, (13) становится верным потому, что исследователь уже принял T_2 в качестве приблизительно верной научной теории.

Это дает ответ на вопрос Налимова о возможности рационального принятия маловероятных гипотез. Рациональность принятия таких гипотез определяет не ВПП, а теорема (12). И только после их принятия, уже задним числом, они получают высокие персональные оценки вероятности. ВПП, следовательно, описывает не столько реальную процедуру принятия гипотезы, сколько результат следующей за принятием новой гипотезы перестройки индуктивной обоснованности научных утверждений, т. е. динамику персональных вероятностей Pa .

Но остается еще одно сомнение относительно ВПП. Оно касается возможности включения этого правила в стандарт рациональной деятельности ученого. С одной стороны, лотерейный парадокс показывает, что ВПП не замкнуто относительно конъюнкции.

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА ИНТЕНСИОНАЛЬНОЙ?

Прежде чем попытаться дать ответ на вопрос, поставленный в заглавии статьи, мы хотим отметить, что термин «интенциональный» будет пониматься здесь не в том широком смысле, который ему часто придается в современной логике, когда интенциональная логика фактически просто отождествляется с неэкстенциональной, но в гораздо более узком, карнаповском смысле. Иначе говоря, мы отнюдь не хотим доказывать, что индуктивная логика является логикой экстенциональной. Как раз наоборот. Мы попытаемся показать, что индуктивная логика не является даже интенциональной. Другими словами, попытка ее построения как интенциональной системы, т. е. логики, так или иначе учитывающей содержание или интенционал¹ тех предложений, с которыми имеет дело эта логика, обречена на неудачу в силу того, что учета только содержательных моментов этих предложений для построения индуктивной логики недостаточно. С нашей точки зрения, индуктивная логика может быть построена как беспарадоксальная система лишь в том случае, если она позволяет учесть не только отношения предложения к его смыслу, но и отношения субъекта к высказываемому им предложению, т. е. как прагматическая система.

На наш взгляд, не только проблема оправдания индукции, но и вообще проблема индукции, как таковая, возникла в борьбе двух тенденций: попытки построить индуктивную логику как синтаксическую или семантическую систему, и попытки показать, что это сделать невозможно, что индуктивная логика должна строиться именно как прагматическая система.

Собственно, известная постановка проблемы Д. Юмом, которая, как считают многие исследователи, открыла путь к совре-

¹ Нам кажется не лишним напомнить историю терминов «экстенционал» и «интенционал». Как известно, они пришли в нашу литературу через русский перевод книги Р. Карнапа «Значение и необходимость» и являются кальками терминов «*Estension*» и «*Intension*». Вопрос о том, нужно ли было заменять принятые у нас термины «объем» и «содержание» или, подобно Карнапу, сказать, что смысл этих терминов в книге будет существенно отличаться от того смысла, который им придавала традиционная логика, и построить точные экспликации этих понятий, сейчас, конечно, не стоит. Термины эти прижились в нашей литературе настолько, что многие приписывают их изобретение самому Карнапу, а некоторые незадачливые критики математической логики прямо обвиняют Карнапа в том, что он-де хотел за этими словами что-то скрыть. Именно с термином «интенционал» часто связывают само понимание интенциональной логики, хотя на самом деле эта логика связана с термином «*Intension*», т. е. «содержание», и неоднозначность понимания этого последнего термина существенно отражается и на понимании интенциональной логики.

менной индуктивной логике, как раз и состояла в формулировке двух вышеотмеченных альтернатив: 1) индуктивная логика не может быть построена как демонстративная; 2) индукция является методом научного исследования, но обоснована она должна быть как привычка [16; с. 185, 243], или, как стали говорить впоследствии, как навык [35], или «индуктивное поведение» [11].

Критика Юма по существу сводилась к попыткам опровержения его первого аргумента (альтернатива 1). Выражением этой критики были многочисленные вероятностнологические системы индуктивной логики, появившиеся в 20—30-е годы нашего столетия. Смысл этих построений заключался в том, что индуктивная логика строилась именно как демонстративная, хотя понимание доказательства довольно существенно расширялось главным образом за счет добавления вероятностных методов и соответственно ослабления доказываемого тезиса (доказывалось уже не такое предложение как, скажем, «все лебеди белые», но «вероятно, все лебеди белые»).

Попытка уменьшить силу этих возражений указанием на то, что Д. Юм имел в виду обычную индукцию через простое перечисление, а не новые индуктивные логики, неосновательна. Поскольку все эти новые индуктивные логики не были простыми обобщениями указанной индукции, тем не менее отрицание такой индукции означало бы и неприятие этих систем. Более интересно следующее обстоятельство. В середине 40-х годов, когда казалось, что с критикой Юма и особенно его первым аргументом было навсегда покончено, стали обнаруживаться многочисленные парадоксы, относившиеся ко всем системам индуктивной логики, причем именно в их модернизированной форме, а не в форме рудиментарной, к которой относилась критика Юма. Поэтому мы квалифицируем эти парадоксы как модифицированную форму критики Юма.

Как мы уже отмечали, возражения против критики Юма основывались как раз на том, что индуктивная логика может быть построена как демонстративная при условии расширенного понимания доказательства. Такое понимание доказательства во многих системах индуктивной логики эксплицировалось через понятие «подтверждение». И оказалось, что это центральное понятие является парадоксальным в отношении методов, используемых в этой логике. Таких парадоксов было обнаружено немало. Однако для того, чтобы выяснить их сущность и связь с проблемой Д. Юма, достаточно проанализировать первый по времени обнаружения, так называемый парадокс подтверждения.

Впервые на этот парадокс обратила внимание Хосспассон-Линденбаум, затем, как отмечает Г. Кайберг, своего рода крещение он получил от К. Гемпеля в 1945 г. [22]. После этого появилась обширная литература, посвященная парадоксу подтверждения. О нем писали М. Блэк, П. Суппес, Г. Х. фон Вригт [36], Г. Кайберг [6], Гудман, К. Поппер [31]. Каждый давал несколько измененную трактовку парадокса подтверждения, связывая ее

со своим решением. Мы восстанавливаем формулировку парадокса подтверждения, данную К. Гемпелем [23].

Возьмем генерализацию (1):

$$\forall x (Ax \supset Bx),$$

которой будет соответствовать пример $(Aa \supset Ba)$. (1) эквивалентна (2), где (2)

$$\forall x (\sim Bx \supset \sim Ax).$$

(2) соответствует позитивный пример $(\sim Ba \supset \sim Aa)$. Так как $(1) = (2)$, то пример, подтверждающий (2), должен подтвердить (1). Отсюда следует, что (1) (так же как и (2)) подтверждается двумя противоречащими друг другу примерами.

Казалось бы, этого достаточно для заключения о синтаксической парадоксальности отношения подтверждения, а значит, любой построенной на этом отношении логики. Так по существу и обстоит дело у К. Гемпеля в его первой статье, посвященной исследованию парадокса подтверждения [22]. Идея К. Гемпеля состояла, грубо говоря, как раз в том, что устранить парадокс подтверждения можно, несколько изменив такие логические связи, как импликация и эквивалентность для логики подтверждения, по сравнению с их пониманием в дедуктивной логике. «Кажется обоснованным, — писал К. Гемпель, — требовать, чтобы критерий эмпирического подтверждения, будучи объективным по своему характеру, не имел бы никакого отношения к специфическому содержанию гипотез или свидетельств. Необходимо установить чисто формальный критерий в манере, сходной с той, в которой в дедуктивной логике действует чисто формальный критерий обоснованности дедуктивного вывода» [22, с. 9].

И все-таки К. Гемпель чувствует, что истинный смысл парадокса подтверждения заключается именно в несоответствии синтаксической конструкции и интуитивного понимания подтверждения. Поэтому, не ограничиваясь констатацией синтаксического противоречия, он пытается усилить эффект парадоксальности, иллюстрируя его на конкретных примерах.

Если предположить, что $\forall x (Ax \supset Bx)$ будет генерализация «все воробьи черные», то пришлось бы сделать вывод, что эту генерализацию подтверждает не только существование черного воробья, но и белого ботинка. Однако, на наш взгляд, иллюстрация эта приводит как раз к обратному эффекту, обнаруживая не чисто синтаксическую парадоксальность. Еще более ярко не чисто синтаксический характер парадокса подтверждения выражен в других его вариантах, которые К. Гемпель представил в своей более поздней статье.

Действительно, $(1) = (3)$, где (3):

$$\forall x (Ax \vee \sim Ax) \supset (\sim Ax \vee Bx).$$

Примером, выполняющим формулу (3), будет пример типа $(Aa \vee \sim Aa) (\sim Aa \vee Ba)$ (3a). (3a) будет удовлетворять такое a , для

которого $\sim Aa$. Это означает, что любая вещь, которая не ворон, также будет подтверждать гипотезу «все вороны черные». Кроме того, (Ba) также выполняет формулу $(3a)$, поэтому любая черная вещь будет подтверждать гипотезу «Все вороны черные».

В этих примерах синтаксического противоречия усмотреть нельзя, хотя прагматически они явно противоречивы. Так или иначе отношение противоречия, в котором генерализация подтверждается подобного рода примерами, никак не соответствует интуитивному понятию подтверждения.

Далее $(1) = (4)$, где (4) :

$$\forall x (Ax \wedge \sim Bx) \supset (Ax \wedge \sim Ax).$$

Примером, подтверждающим (4) , будет следующий: $(Aa \wedge \sim Ba) \wedge (Aa \wedge \sim Aa)$. Формуле (4) также будет удовлетворять пример $(\sim Aa)$ и (Ba) , что не соответствует интуитивному пониманию подтверждения.

Покалуй, самая непосредственная реакция на парадокс подтверждения состояла в том, чтобы ограничить понятие подтверждающего примера. Впервые эта идея выдвинута Нико [28]. Рассмотрим подробнее примеры, позитивно или негативно относящиеся к генерализации. Можно выделить четыре полных и взаимоисключающих класса позитивных примеров:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| (1) A суть B , | (3) $\sim A$ суть B , |
| (2) A суть $\sim B$, | (4) $\sim A$ суть $\sim B$. |

Естественно предположить, что только объекты первой категории относятся к подтверждению генерализации. Такое определение подтверждающего примера известно под именем «N-критерия» (критерий Нико). Однако ситуация, складывающаяся при попытке решить парадоксы, намного сложнее. Обычно к опровергающим или подтверждающим примерам в так называемом парадоксальном смысле относят (2) , (3) и (4) . При этом интуитивно ясно, что сила опровержения примеров (2) и (4) различна. «Белый ботинок» и «белый ворон» в разной степени опровергают генерализацию, что все вороны черные. Поэтому необходимо иметь более тонкий критерий для определения позитивного, негативного и иррелевантного примера генерализации.

Сама идея необходимости различения низкого (незначительного) подтверждения и иррелевантности более или менее серьезно обсуждалась М. Блэком [17], хотя фактически она намечалась уже в первой статье К. Гемпеля, посвященной анализу парадоксов подтверждения, где имеет место место кригика упомянутого критерия Нико [22]. Оригинальную разработку идея эта получила у Г. Х. фон Вригта. Он выдвинул следующий тезис: «Все вещи, принадлежащие данной области релевантности генерализации, могут осуществлять действительное подтверждение или опровержение генерализации. Вещи, которые не относятся к области релевантности, не могут ни подтвердить, ни опроверг-

нута гипотезу. Можно сказать, что они только подтверждают ее в парадоксальном смысле» [36, с. 211]. Для доказательства этого тезиса фон Вригт использует формальный аргумент, с помощью которого он пытается показать, что иррелевантность парадоксального подтверждения заключается в том, что оно не может влиять на вероятность генерализации [36 с. 212]. Без сомнения, введение этого понятия позволило выделить более точную иерархию самих примеров: подтверждающих, опровергающих и иррелевантных. К подтверждающим относятся только те примеры, которые принадлежат к области релевантности генерализации.

Однако возникает вопрос о том, что представляет собой область релевантности и как ее можно определить. Область релевантности — множество объектов, к которым относится обобщение. Само же множество объектов, как и обобщение, определяется на основе специальных знаний, а также целевой установки, определяемой стоящей перед исследователем задачей. Так, классическая генерализация о воронах может быть интерпретирована как обобщение о всех объектах, о птицах, о воронах. «Таким образом,— отмечает фон Вригт,— когда речь идет о воронах, и только о них, обобщение, что все вороны черные,— это обобщение одного рода. Оно становится обобщением совсем другого рода, когда мы говорим о птицах, и только о них, и, наконец, оно является обобщением третьего рода, когда речь идет, если это действительно так, обо всем без исключения» [36, с. 216].

Таким образом, если рассматривать генерализацию о воронах, то релевантным подтверждающим примером является пример с вороном, но не с лебедем. Если область релевантности генерализации состоит из птиц,— релевантным является лебедь, но не ботинок. Когда же она рассматривается как генерализация о всех вещах — все вещи уместно рассматривать в качестве подтверждающего примера.

Первый случай очевиден. Вторая ситуация возникает тогда, когда стоит задача определить, является ли данная птица вороной или лебедем. Третья ситуация — фантастическая. Мы можем вообразить себя квазисуществом, которое опускает свои руки в универсум и вытаскивает оттуда все вещи подряд. В том случае, когда область релевантности не указана, к ней относят ту область, к которой принадлежит antecedent, т. е. здесь мы находимся в условиях действия критерия Никко.

Итак, введение понятия области релевантности позволило дать определенную субординацию предметов, относящихся к обобщению. Однако при этом выявился еще один интересный момент, который раньше не учитывался в теории подтверждения. Любая генерализация есть обобщение о чем-то не только в смысле *предметов*, к которым она относится, но и *информации*, которую она несет. Мы рассматриваем какой-то предмет как релевантный, поэтому мы имеем специальные знания о нем.

Г. Кайберг, исследуя парадоксы подтверждения, выделяет

работу Дж. Макки, который пришел к интересному заключению относительно парадоксов: «Если исследователь не располагает никакой предварительной информацией о парадоксах, то относительно этой ситуации К. Гемпель прав: и белый ботинок, и черный кот, и черный ворон будут подтверждать обобщение все „вороны черные“» [6, с. 249].

Комментируя различные попытки устранения парадокса подтверждения, М. Блэк отмечает: «Невозможно сколько-нибудь серьезно ставить вопрос о подтверждении в случае отсутствия исходного знания» [17, с. 177]. Таким образом, ясно, что обобщение должно соотноситься со знанием, частью которого оно является; без этого непонятно, какую гипотезу он обобщает. Г. Кайберг считает, что в некоторой специальной области исследования совершенно ясно, к чему сводилось исходное (первоначальное) статистическое высказывание [6, с. 251].

Итак, подход фон Вригта к преодолению парадоксов является безусловно прагматическим, хотя сам он не употребляет термин «прагматика». Тем не менее, вводя ранжирование, которое означает определение предметной области и наличие исходного знания, фон Вригт тем самым вводит в логику исследователя. Он отмечает: «...конечно, ошибочно утверждать, что у нас будет всегда идея ранга и представление о вещах, принадлежащих рангу. Однако никогда орнитолог не будет испытывать ботинки для обоснования гипотезы „все вороны черные“. Он будет исследовать некоторую птицу, которая похожа на ворона, хотя, возможно, и не является им» [35, с. 217].

Как мы видели выше, столь же явно обращается к исследователю, анализируя парадоксы, Дж. Макки. Таким образом, при данном подходе исследователь с его установкой становится неэлиминируемым элементом системы индуктивной логики. Но это значит, что в индуктивной логике мы, по существу, имеем дело не с объект-объектными отношениями, но с субъект-объектными отношениями. Следовательно, отношение подтверждения трактуется уже не синтаксически и даже не семантически, а прагматически.

Другое направление в решении парадокса подтверждения связано с расширением содержательного момента в трактовке логических связей, с возможностью трактовать импликацию и эквивалентность несколько иным способом, чем это обычно делается в индуктивной логике. Дело в том, что при исследовании парадокса напрашивается мысль, не является ли он своеобразным вариантом парадокса материальной импликации? Исследуя отмеченные странности теории подтверждения, Блэк, к примеру, отмечает, что сходство между парадоксом подтверждения и парадоксом материальной импликации можно усмотреть в том, что как в последнем, так и в первом не проводится четкого различия между материальной импликацией и интуитивным пониманием отношения следования. К. Гемпель, например (по крайней мере, в его первой статье), явно пытается отождествить предложенное

им синтаксическое понимание подтверждения с интуитивным его пониманием [17, с. 175].

Суппес, высказывая свое мнение относительно парадокса подтверждения, подчеркивает (правда, в данном случае исследование парадокса осуществляется на языке вероятностной логики), что парадоксы подтверждения возникают в результате того, что не проводится различия между каузальными и некаузальными законами. Вопросы, поднимающиеся в связи с такой постановкой вопроса о парадоксе подтверждения, на наш взгляд, связаны с проблемой выражения отношения следования через импликацию, и в этом смысле парадоксы подтверждения связаны с парадоксами материальной импликации.

Может показаться, что прагматический момент в таком подходе является менее выраженным, чем в подходе фон Вригта. Действительно, парадокс материальной импликации относится к семантическим парадоксам. Не является ли в таком случае таким же и парадокс подтверждения? Однако легко видеть, что в подходе Блэка существенную роль играет понятие выбора, которое не является семантическим. Впрочем, прагматический характер парадоксов признает и сам Блэк. Объясняя, почему же все-таки парадоксы сохраняются для случайного сингулярного условного предложения, он пишет: «Одним из объяснений парадоксов является то, что мы естественно думаем о них в прагматических терминах более, чем в терминах наблюдения» [17, с. 206]. Более того, он прямо противопоставляет синтаксическое понятие подтверждения прагматическому. «Между гемпелевским синтаксическим понятием подтверждения и прагматическим существует несоответствие... Это две разные процедуры, когда мы выбираем ворона и определяем, имеет ли он черный цвет или нет; и другая — когда мы выбираем черную вещь (например, черные мысли), чтобы исследовать, относятся ли они к классу воронов» [17, с. 184]. Именно несоответствие синтаксического понятия прагматическому, как считает М. Блэк, привело к возникновению парадоксов. Итак, преодоление парадоксов подтверждения существенным образом связано с прагматическими моментами.

До сих пор мы использовали термин «прагматика» в не очень четком и достаточно широком смысле, понимая под прагматической системой всякую систему, в которой субъект является принципиально неэлиминлируемым, неустранимым элементом. Нам представляется, что такое понимание прагматики не слишком отличается от понимания ее Ч. Пирсом [29]; согласуется с Ч. Моррисом [27], для которого прагматика связывалась с включением в систему отношения субъекта к знаку, а также с пониманием прагматики Клаусом [8], который настаивал на том, что прагматика, по существу, включает два отношения — субъекта к знаку и знака к субъекту.

В настоящее время, несмотря на довольно большое количество исследований по прагматике, по-видимому, еще не осуществлена

мечта Р. Карнапа о построении теоретической прагматики. То есть нельзя говорить, что построен экспликат для термина «прагматика», по отношению к которому, скажем, изложенное здесь или какое-то другое понимание выступало бы в качестве экспликадума. Теоретические прагматики, предложенные Р. Мартином [25], Р. Монтегю [26] и другими авторами, на наш взгляд, вовсе не отвечают тем требованиям, которые предъявлял к теоретической прагматике Р. Карнап, так же как и тем требованиям, которые предъявляем к ней мы. По существу, прагматики, построенные этими авторами, полностью смыкаются с семантиками. Поэтому, с нашей точки зрения, гораздо более правильно говорить именно о широком и узком смысле понимания прагматики.

Например, понимание прагматики Р. Карнапом, изложенное в статье «О некоторых понятиях прагматики» [7], является, конечно, более узким, чем отмеченное выше, но ни в коем случае не противоречит ему. Действительно, ограничение, вводимое Р. Карнапом, касается лишь языка, с помощью которого должны строиться элементы и отношения соответствующей прагматической системы. Существенную, принципиальную роль в этой системе играет субъект. Для Р. Карнапа понятие является прагматическим, если оно выражает отношение человека к предложению. Но абсолютно ясно, что в этом более узком смысле индуктивная логика, особенно если она построена на языке вероятностной логики [2], хотя это и не имеет принципиального значения, безусловно является прагматической.

Действительно, если (согласно фон Вригту, Блэку, Суппесу и другим авторам) исследователь принципиально не исключается из индуктивной логики, то очень легко показать, что индуктивная логика всегда будет иметь дело с подобного рода отношениями исследователя к предложению. Р. Карнап показывает, что предложение $T(X, t, S, L)$, которое означает, что X во время t рассматривает предложение S языка L как ложное, является прагматическим [7, с. 354]. Но любое предложение индуктивной логики может легко быть перестроено именно в такой форме. По существу, в своих последних статьях, особенно в [18], Р. Карнап именно так и делает, а это означает, что в карнаповском смысле индуктивная логика действительно является прагматической. Отсюда автоматически следует, что индуктивная логика не является экстенциональной уже потому, что для ее построения совершенно недостаточно таких понятий, как обозначение, именование, экстенционал, истина и всех связанных с ними понятий, которые, по Р. Карнапу, и определяют экстенциональность логики [7, с. 335]. Более того, для построения индуктивной логики будет недостаточно и понятий, которые определяют интенциональность логики: аналитичность, интенционал и т. п.

Таким образом, индуктивную логику, строго говоря, нельзя даже считать просто интенциональной. Действительно, для ее построения оказываются необходимыми прагматические понятия, явно выходящие за пределы семантики. Еще Б. Рассел [15] по-

казал, что если индуктивная логика строится на языке вероятностной логики, то вероятность должна быть в ней интерпретированной. Р. Карнап в своих первых работах пытался использовать для построения индуктивной логики чисто семантическое понятие вероятности. Однако те трудности, с которыми он при этом встретился, заставили его отказаться от этих попыток. В последних своих работах он использует для построения индуктивной логики субъективную вероятность в смысле де Финетти или Сейвиджа, т. е. вероятность такого рода, которая явно является категорией прагматики. Впрочем, один из авторов этой статьи неоднократно показывал, что вероятность в своем полном объеме является не семантической, тем более не синтаксической, но именно прагматической категорией [12; 14].

Нам представляется, что осознание того, что индуктивная логика является действительно прагматической, играет все большую роль в построении ее новых систем. Это сказывается прежде всего в том, что в индуктивную логику вводятся новые идеализации. Долгое время это встречало большое сопротивление или же новые идеализации вводились непреднамеренно, как, например, при построении индуктивной логики с помощью категорий субъективной вероятности [18, с. 20]. Несколько более осознанным можно считать введение М. Блэком в индуктивную логику понятия интереса. Но самым явным признанием необходимости построения индуктивной логики как прагматической системы является построение ее с использованием понятия эпистемической полезности наряду с понятием вероятности. На наш взгляд, понятие эпистемической полезности может рассматриваться как экспликат (причем в его высшей количественной форме) тех неосознанных и даже не всегда выявленных понятий прагматики, которые использовались в индуктивной логике на протяжении всей истории ее развития.

Сказанное выше, конечно, является несколько упрощенной схемой развития индуктивной логики. В самом деле, в индуктивной логике было обнаружено достаточно много парадоксов различных типов. Разумеется, каждый тип, если не каждый парадокс, предполагал при его устранении определенную специфику. Особенно это относилось к парадоксам использования языка вероятностной логики для построения индуктивной логики, т. е. парадоксов типа нулевой подтверждаемости законов, лотерейного парадокса и т. д.

Однако, во-первых, эти последние парадоксы относились собственно не к самой индуктивной логике, но к одному из способов ее построения. Поэтому, если они и опровергали какие-то положения, относящиеся к индуктивной логике *per se*, то это были положения вроде известного карнаповского утверждения, что вероятностная логика есть современная форма индуктивной логики, чрезмерная претенциозность которого была очевидна и без этих парадоксов. Во-вторых, даже устранение этих парадоксов и доказательство того, что вероятностная логика все-таки может

использоваться для построения индуктивной логики, так или иначе обнаруживало достаточно явное обращение к тем самым прагматическим моментам вероятности, о которых мы говорили выше, хотя обнаружение этого факта действительно предполагало более глубокий анализ подобного рода логик [3, с. 12].

Что же касается других парадоксов, относящихся к самой индуктивной логике независимо от того, на каком языке она была построена, то для их преодоления приходилось строить ту или иную систему прагматической логики. Главную роль в такой логике могла играть не обязательно функция полезности, но, скажем, целевая или вообще какая-нибудь другая функция, как-то описывающая намерения, поведение, желания субъекта или вообще отношение субъекта к соответствующему объекту.

В книге одного из авторов этой статьи [14] описаны многооценочные методы, суть которых состоит в том, что если вероятность, рассматриваемая как оценка, надстроенная над логикой высказываний, оказывается недостаточной для описания каких-то ситуаций, то к этой оценке могут добавляться другие виды оценок типа полезности, целевых функций и т. д. Иными словами, любые типы оценок и в любом количестве могут надстраиваться над той же логикой высказываний параллельно с вероятностью или друг над другом в виде некоторой лестницы, описываемой многочленом вида $a_1 d^n \pm a_2 d^{n-1} \pm a_{n-1} d^2$, где показатель степени d представляет уровень оценки, коэффициент при d — количество оценок данного уровня. Например, d^2 — оценка второго порядка может трактоваться, в частности, как вероятность, а также как полезность.

Представляется, что развитие теории подобного рода многооценочных методов могло бы привести к некоторого вида теоретической прагматике, о которой мечтал Р. Карнап. Правда, это уже не есть какая-то единая логика, но скорее некоторая система логик. В каждой из этих логик наряду с такими характеристиками, как экстенционал и интенционал, добавляется еще одна или несколько характеристик, описывающих одно или несколько специальных отношений субъекта к соответствующему объекту. Например, это может быть интенция, цель, интерес и т. д. На наш взгляд, теоретическая прагматика и не может быть какой-то единой логикой, как это получается, например, у Мартини или Монтегю, но именно сложной системой таких логик.

Впрочем, существуют системы индуктивной логики, в которых прагматика оказывается вовлеченной в само существо, в механизм их действия, еще более глубоко, чем в описанные логики. Мы имеем в виду так называемые системы локального оправдания. Правда, некоторые исследователи отказываются считать эти системы индуктивными логиками в собственном смысле, относя их скорее к каким-то системам теоретической прагматики или игровым моделям. Вопрос этот не кажется нам чисто терминологическим. В действительности, системы локального оправдания

генетически восходят к индуктивной логике и имеют большие основания называться индуктивными логиками.

Дело в том, что деление на локальные и глобальные оправдания, строго говоря, относится уже не к индукции, но к индуктивной логике, во всяком случае, к каким-то уже законченным, завершенным системам. В самом деле, различение обоих этих типов оправдания производится в зависимости от того, что допустимо брать в качестве свидетельства, обосновывающего принятие или подтверждение какой-либо гипотезы. В системах глобального оправдания, таких, скажем, как индуктивные логики Кейнса, Карнапа, Хинтикки и др., в качестве свидетельств принимаются в основном суждения, выражающие факты наблюдения. Например, H (гипотеза): «данная монета является (в отношении игры) фальсифицированной»; E (свидетельство): при проведении эксперимента — ряда достаточно длинных серий бросания монеты — были получены следующие результаты:

Серия	Выпадения орлов (%)	Среднее число выпадения орлов (в %)
1	30	40
2	70	
3	35	
4	25	

Вывод: E подтверждает H .

Второй пример: H (гипотеза): «все вороны черные»; E (свидетельство): «все наблюдавшиеся нами вороны были черны; все вороны, описанные в просмотренных нами книгах по орнитологии, были черны». Вывод: E подтверждает H .

Совершенно по-другому обстоит дело с выбором свидетельств в системах локального оправдания. Здесь в качестве свидетельств принимаются не только E — множество фактов наблюдения, но и B — множество, состоящее из логических, теоретических и даже методологических предложений и допущений, а также предложений, принятых как истинные через индукцию в старом неэксплицированном смысле этого термина. Но что главное, к множеству $E \wedge B$ (множеству всех дедуктивных следствий из тотального основания $B \cdot E$) добавляется еще множество Me — множество релевантных ответов, т. е. таких ответов, которые данный исследователь мог бы принять или допустить в качестве возможных гипотез.

По существу, цель и смысл индуктивной логики И. Леви [16] (почему, кстати, мы и считаем возможным назвать эту систему индуктивной логикой) состоит в том, чтобы дать исследователю правила выбора, позволяющие из всего множества релевантных ответов выбрать «сильнейшее предложение», которое и будет интересующей его гипотезой.

Таким образом, прагматика в системах локального оправдания действительно имеет намного большее значение, нежели в системах глобального оправдания. В самом деле, ведь включение

в множество свидетельств множества релевантных ответов (а это допущение не является единственным проявлением прагматики в подобного рода системах) наглядно подтверждает это. Выбор того или иного множества релевантных ответов зависит не только от эмпирических, теоретических и логических знаний исследователя, но и от его методологических концепций, или, как теперь принято говорить, от той парадигмы, которую данный исследователь принимает. В самом деле, нетрудно привести множество примеров из истории науки, когда при одних и тех же эмпирических, теоретических и логических знаниях различные ученые давали на один и тот же вопрос не просто различные, но противоположные ответы, что объяснялось только их принадлежностью к разным парадигмам.

Здесь возникает и еще один вопрос. Можно ли отнести системы локального оправдания (где индукция в классическом смысле считается, так сказать, частью фундамента или некоторым механизмом для приведения в действие всей системы), а также системы глобального оправдания и другие современные индуктивные логики к тем индуктивным логикам, о невозможности демонстративного построения которых говорил Юм? А также можно ли считать современные индуктивные логики, построенные до появления парадоксов, и тем более «послепарадоксальные» системы теми индуктивными логиками, которые действительно опровергают первый аргумент Юма? В самом деле, ведь современные индуктивные логики отличаются от классической индуктивной логики не только своими экспликатами, но и, что главное, своими экспликандами.

Наука XVII—XVIII вв. была, по определению Энгельса, в основном собирательной наукой, накапливающей эмпирический материал. Она давала лишь эмпирические обобщения, которые и являются, по мысли Карнапа, эмпирическими законами. Именно как методологическое обоснование всех процедур, используемых в различных эмпирических науках, появилось то, что теперь называется бэконовско-миллевской, или классической индукцией. Как бы творцы этой индукции не бранили неполную индукцию через простое перечисление, или эnumerативную индукцию, но, по существу, именно она лежала в основе всех их систем. Действительно, та знаменитая эlimинативная индукция, разработкой которой столь гордились и Бэкон, и Милль (она выступала фактически экспликатом тех методов, которые применяли в своих исследованиях различные ученые), не могла быть обоснована как методологический принцип не чем иным, кроме той же эnumerативной индукции. Поэтому, критикуя эnumerативную индукцию, а Юм имеет в виду именно ее, он подвергал критике основы тогдашней индуктивной логики, а не только традиционной эnumerативной индукции.

Совершенно иным, казалось бы, образом обстоит дело в современной индуктивной логике. Как мы уже говорили, она отличается от классической не только своими методами построения

кспликация, но и своими экспликациями. Объясняется это, в частности, и тем, что в современной науке все большую роль начинают играть не эмпирические, но теоретические законы. Поэтому нельзя не согласиться с Р. Карнапом в том, что если проследить реальный путь построения теоретических законов в истории науки, то мы увидим, что они никогда не возникали как простые обобщения эмпирических законов. По Р. Карнапу, это невозможно принципиально, т. е. уже в силу совершенно различного статуса этих законов, прежде всего и определяющего механизм построения. Эмпирические законы имеют дело с наблюдаемыми величинами, теоретические — с ненаблюдаемыми. Поэтому обобщение как механизм получения вторых из первых не работает. Одним из шагов на пути получения теоретических законов из эмпирических, шагом не единственным, но очень важным как раз и является подтверждение гипотез, в виде которых сначала выдвигаются будущие теоретические законы. Из этих гипотез дедуктивно выводятся эмпирические законы, уже установленные ранее, или новые. В последнем случае встает задача их проверки. Задачу подтверждения этих гипотез с помощью выведенных из них следствий и решает или, во всяком случае, претендует на ее решение современная индуктивная логика карнаповского типа.

Но в таком случае может показаться, что здесь имеет место совершенно новый класс задач, никак не пересекающийся с классом старых задач, решаемых классической индуктивной логикой. Однако если мы рассмотрим современные индуктивные логики, включая и системы локального оправдания, то увидим, что в каждой из них в качестве некоторого частного случая предусмотрено и обычная генерализация, к которой в основном сводилась вся классическая энумеративная индукция. Иначе говоря, с многих точек зрения современная индуктивная логика может рассматриваться как некоторый сложный вид обобщения классической индукции.

Так, Дж. М. Кейнс [24], признанный основатель современной индуктивной логики или, во всяком случае, той ее ветви, которую можно было бы назвать конформативной, серьезно обсуждал связь этой конформативной логики с прежними видами индукции — энумеративной и элиминативной и прямо ссылался на Бэкона, как на основателя последней. Много говорит о связи развиваемой им системы индуктивной логики с энумеративной и элиминативной индукциями Рейхенбах, утверждая также, что его систему можно рассматривать, в частности, как их обобщение. Тот факт, что Р. Карнап не включил в число своих предшественников Бэкона и Милля, объясняется скорее методологическими соображениями, в частности, тем, что они не рассматривали индукцию как вероятностный вывод. Что же касается того, что энумеративная, как и элиминативная, индукция действительно включена в индуктивную логику Р. Карнапа как некоторый частный случай, то это можно видеть даже из того перечня выводов,

который был приведен нами выше, и которые Р. Карнап относил к индуктивной логике.

Таким образом, нам представляется, что современные индуктивные логики являются вполне законными наследниками классической индуктивной логики и что их появление на свет действительно опровергает первый аргумент Юма, конечно принимая во внимание еще одно важное обобщение, которым оперирует индуктивная логика, роднящее ее уже и с дедуктивной логикой, а именно трактовку подтверждения как обобщенного доказательства. Более того, можно считать, что обнаружение парадоксов в современной индуктивной логике означало даже не просто возрождение, но и значительное усиление проблемы Юма, поскольку теперь его первый аргумент можно было бы сформулировать следующим образом: невозможно построить демонстративную индуктивную логику, используя какие угодно математические языки и рассматривая доказательство в сколь угодно обобщенной форме. Правда, с нашей точки зрения, к этой формулировке можно сделать одно небольшое, но существенное добавление: «если индуктивную логику не строить как прагматическую, но лишь как синтаксическую или семантическую систему».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бэкон Ф. Сочинения. М., 1972. Т. 2.
2. Будбаева С. П., Пятницын Б. Н. К исследованию и построению прагматических логик // Философия и логика. М., 1974.
3. Будбаева С. П., Пятницын Б. Н. Эвристические методы и проблема подтверждения в эмпирических науках // Логика и эмпирическое познание. М., 1972.
4. Кант И. Критика чистого разума // Соч. М., 1964. Т. 3.
5. Кайберг Г. Вероятность и индуктивная логика. М., 1978.
6. Карнап Р. Значение и необходимость. М., 1959.
7. Клаус Г. Сила слова. М., 1967.
8. Метлов В. И. Проблема оправдания индукции // Логика и эмпирическое познание. М., 1972.
9. Милль Дж. Ст. Система логики силлогистической и индуктивной. М., 1914.
10. Нейман Ю. Вводный курс теории вероятностей и математической статистики. М., 1968.
11. Пятницын Б. Н. Проблема доказательств и подтверждения гипотез // Методы логического анализа. М., 1977.
12. Пятницын Б. Н. К проблеме соотношения индукции и дедукции // Там же.
13. Пятницын Б. Н. Философские проблемы вероятностных и статистических методов. М., 1976.
14. Рассел Б. Человеческое познание. М., 1957.
15. Юм Д. Трактат о человеческой природе // Соч. М., 1968. Т. 1.
16. Яновская С. А. Методологические проблемы науки. М., 1972.
17. Black M. Notes on the paradoxes confirmation // Aspects of inductive logic. Amsterdam, 1966.
18. Carnap R. The logical foundations of probability. Chicago, 1952.
19. Carnap R. The aims of inductive logic // Logic, methodology and philosophy of science. Stanford, 1962.
20. Finetti Bde. La logique de la probabilité // Actes du congrès international de philosophie scientifique. P., 1936.

21. *Finetti B.* La prévision, ses lois logiques, ses sources subjectives // *Annales de l'Institut Henri Poincaré*. P., 1937.
22. *Hempel C.* Studies in the logic of confirmation // *Mind*. 1945. Vol. 59, N 231.
23. *Hempel C.* Recent problem of induction. *Mind and Cosmos*. Pittsburgh, 1966.
24. *Keynes J. M.* A treatise on probability. L., 1952.
25. *Martin R. M.* Intention and decision: A philosophical study. N. Y., 1964.
26. *Montague R.* Pragmatics // *Contemporary philosophy*. Amsterdam, 1969. Vol. 1.
27. *Morris C.* Foundations of the signs // *Encyclopedia of the univide sciences*. Chicago, 1937. Vol. 2.
28. *Nicod J.* Foundation of geometry and induction. L., 1930.
29. *Peirce C. S.* Collected papers. Vol. 2, 1932; Vol. 3. 1933.
30. *Popper K.* The logic of scientific discovery. L., 1959.
31. *Popper K.* Conjectural knowledge: My solution of the problem of induction // *Objective knowledge*. Oxford, 1972.
32. *Putnam H.* Dissertation. N. Y., 1953.
33. *Salmon W.* Vindication of induction // *Current issues in the philosophy of science*. N. Y., 1961.
34. *Suppes P.* Concept formation and Bayesian decisions // *Aspects of inductive logic*. Amsterdam, 1966.
35. *Wisdom J.* Foundation of inference in natural science. L., 1952.
36. *Wright Q. H. von.* A treatise on induction and probability. Paterson, 1960.
37. *Wright Q. H. von.* The paradoxes of confirmation // *Aspects of inductive logic*. Amsterdam, 1966.

С. П. БУДБАЕВА

Проблемы индуктивной логики рассматриваются как существенные элементы ряда и более общих проблем теории познания, таких, например, как характер роста и обоснования знания, проблемы структуры науки, сущности рационального знания, неопределенности, случайности и т. д. Показательно, что это позволяет более определенно выявить и сами проблемы индуктивной логики. Так, проблема оправдания индукции, связанная с общефилософскими принципами причинности, единства мира, стоит в центре внимания исследователей индуктивной логики со времен Юма. Не будет преувеличением сказать, что именно поиски решения этой проблемы, при всей их бесперспективности, определяли наибольший диапазон изменений в постановке задач, целей и разработке технических средств и способов построения индуктивной логики.

Как известно, с этого момента (1921 г.) и намечился существенный поворот в истории индуктивной логики: от классической индуктивной логики, основной задачей которой считалась разработка методов поиска законов, как это было, например, в теории индуктивных умозаключений Ф. Бэкона и в связи с чем индуктивная логика претендовала фактически на роль логики открытия, — к современной индуктивной логике, в которой основная задача уже существенно иная, а именно выявление принципов оценки обоснования знания (теорий, гипотез).

В системах индуктивной логики 30—50-х годов Рейхенбаха, Ремени, Карнапа обоснованность знания рассматривается как индуктивная процедура подтверждения гипотезы соответствующими свидетельствами на основе построения различного типа вероятностных логик. При такой программной задаче индуктивной логики и соответствующего понимания индуктивного умозаключения естественно, что ни Рейхенбах, ни Карнап никогда не считали индуктивную логику логикой открытия. Проблему же логического оправдания индукции здесь пытались решить, отказавшись, во-первых, от некоторых слишком жестких требований классических доктрин (достоверность заключений) и, во-вторых, перенеся центр проблемы с оправдания заключения индуктивного вывода на оправдание его правил.

Общезвестно, однако, что построение индуктивной логики как логики подтверждения на вероятностной основе привело к различным парадоксам. Анализ этих парадоксов, проведенный многими известными исследователями (Гемпель, фон Вригт, Кайберг, М. Блэк и др.), позволил выявить тот факт, что «для построения индуктивной логики совершенно недостаточно не только экстенциональных, но и интенциональных средств» [7]¹, и что теория индуктивных умозаключений должна строиться с явным учетом прагматических аспектов.

Одной из тенденций развития научного знания второй половины нашего века, как известно, является стремление к учету «человеческого фактора» в познании, прежде всего деятельности субъекта, включающей его цели, намерения, желания. Эта тенденция затронула и индуктивную логику. В построениях современной индуктивной логики описание различного рода эпистемологических *неопределенностных* ситуаций, в которых субъект является принципиально неэлиминируемым, осуществляется с помощью различных прагматических категорий, таких, как принятие, субъективная вероятность, полезность, интерес, и соответствующих идеализаций.

Такие логические системы, для которых характерно явное использование тех или иных прагматических характеристик, называют прагматическими логическими системами. Естественно тогда соответствующие индуктивные логики, в которых для

¹ См. в данной книге статью: Пятницын Б. Н., Демина О. Е. Является ли индуктивная логика интенциональной?

уточнения обоснованности гипотез используются прагматические характеристики, назвать прагматическими индуктивными логиками. Явное использование в логике элементов прагматики означает, что вместо предложений как чисто языковых конструкций в логике начинают рассматриваться предложения с присущим им «деятельностным» элементом. На наш взгляд, такое положение дел играет важную роль в процессе проникновения в современную индуктивную логику анализа практической деятельности, на основе которого только и возможно адекватно объяснить происхождение и функции логического.

Как отмечалось в [2], прагматический аспект наряду с синтаксическим и семантическим может быть выделен при построении любой логической системы. Но при этом соотношение этих трех аспектов в конкретных построениях может достаточно существенно меняться. Конечно, элементы прагматики неявным образом использовались в индуктивной логике на протяжении всей ее истории. В современной же индуктивной логике прагматический аспект начинает играть весьма существенную, самостоятельную роль. Так, Б. Рассел в «Человеческом познании» показал, что если индуктивная логика строится на языке вероятностной логики, то вероятность должна быть интерпретированной. Действительно, при построении вероятностной логики само значение вероятности никак не определяется лишь истинностными значениями высказывания, но предполагает существенное обращение к их смысловым, а также прагматическим характеристикам. Как известно, Карнап в своих первых работах пытался использовать для построения индуктивной логики чисто семантическое понятие вероятности. Однако те трудности, с которыми он при этом столкнулся, заставили его отказаться от этих попыток. В последних работах он счел целесообразным обратиться к субъективной вероятности, которая является категорией прагматики. И несмотря на то что сам Карнап считал индуктивную процедуру подтверждения достаточной для выявления принципов оценки обоснованности гипотез, его идеи о связи индуктивного рассуждения с индуктивным поведением и использовании субъективной вероятности способствовали осознанию того факта, что индуктивная логика должна строиться как прагматическая система. С нашей точки зрения, это привело в середине 60-х годов к новой ориентации в современной индуктивной логике, новому направлению — прагматическому. К известным исследователям индуктивной логики прибавились Р. Джеффри, Н. Леви, М. Блэк, Л. Коэн. С новыми именами в индуктивную логику пришли и новые идеи, а также возродились некоторые из прежних, игнорировавшихся, как правило, методологами позитивистского направления.

В чем состоят эти новые идеи? Прежде всего в том, что при сохранении стратегической установки современной индуктивной логики на исследование принципов оценки обоснованности знания (гипотез, теорий) суть проблемы смещается с анализа индук-

тивной процедуры подтверждения на анализ индуктивной процедуры принятия. Соответственно индуктивное умозаключение рассматривается как обоснование принятия предложения на основе имеющегося знания с учетом прагматических факторов. Поэтому в систему индуктивной логики данной ориентации правило принятия входит по существу, в то время как Карнап считал, что индуктивные логики с правилом принятия неадекватны, хотя и не отрицал полезность использования индуктивных правил принятия в методологических целях.

«Принятие» как логическое отношение описывается явно прагматической индуктивной процедурой. Действительно, если при логическом анализе отношения подтверждения можно было «объективировать» это отношение в смысле отвлечения от деятельности субъекта, то в логических системах, исследующих отношение принятия, такое отвлечение становится принципиально невозможным. Именно этот факт вызвал модификацию технических средств построения индуктивной логики на основе связи с теорией решений, что выразилось прежде всего в учете индуктивного поведения как фактора вывода, и связи индуктивного рассуждения с индуктивным поведением.

Индуктивное поведение как таковое исследовалось многими авторами в теориях индукции и статистики Бейесовского направления. Например, идея Ю. Неймана о том, что индуктивное поведение является более плодотворным понятием для статистики, чем индуктивный вывод, стимулировала «деятельностный» подход к статистическим проблемам. Термин «индуктивное поведение» используется здесь для обозначения регулирования поведения субъекта в соответствии с его знанием. «Ошибки в человеческом поведении неизбежны,— пишет Ю. Нейман.— Люди и иные организмы индуктивно стараются использовать запас сведений, накопленных в их памяти, и наблюдения над происходящим в природе, чтобы поступки их были как можно реже ошибочными. Вот этот-то выбор действия в соответствии с содержанием памяти и наблюдаемыми фактами и называется индуктивным поведением» [4, с. 12].

В прагматическом направлении индуктивной логики внимание сосредоточено не на индуктивном поведении как таковом, а именно на связи индуктивного поведения с индуктивным рассуждением. Исследование структурных особенностей индуктивного рассуждения принятия и предъявляемых к нему требований рациональности проводится на основе анализа структурных особенностей индуктивного поведения и соответственно требований рационального поведения. Там, где уточнение индуктивной процедуры принятия осуществляется в русле развития вероятностной индуктивной логики, индуктивное поведение, т. е. деятельность субъекта по принятию альтернатив (будь то действия, гипотезы, высказывания и т. д.) включается в логическую систему через такой прагматический фактор, как субъективная вероятность. Именно обращение к концепции субъективной (персоналистической)

вероятности характерно для логических систем отмеченной ориентации.

В субъективной теории вероятностей вероятность понимается как степень уверенности субъекта в принятии некоторого действия (индуктивное поведение), предложения (индуктивное рассуждение). Это выражается в приписывании субъектом вероятностных оценок действию или предложению. Фактически экспликандумом этого типа вероятности выступает широко распространенное в зарубежной гносеологии понятие веры, частичной веры в когнитивистском смысле. Именно эта когнитивистская вера в принятие тех или иных предложений эксплицируется в теории «субъективной» вероятности через понятия «уверенность», «степень уверенности» рационального субъекта.

Субъективная интерпретация вероятности отнюдь не означает отказа от какого-либо соотношения вероятности с действительностью. Конечно, вероятность в теории субъективных вероятностей соотносится с действительностью опосредственно, через имеющиеся у субъекта знания. Этот факт выражен в следующем важнейшем требовании, предъявляемом к рациональному поведению субъекта: при приписывании оценок вероятностей субъект должен основываться на совокупности имеющегося у него знания. Данное требование фиксирует тот факт, что степень уверенности субъекта определяется прежде всего его исходным знанием. При этом оценки вероятностей, приписываемые субъектом принимаемым предложениям, должны соответствовать правилам и аксиомам исчисления вероятностей. Это второе необходимое требование, предъявляемое к индуктивно-вероятностному поведению рационального субъекта, которое Рамсей [24] назвал условием когерентности и рассматривал его как естественный нормативный критерий рациональности. Данное требование накладывает ограничение на распределение степеней уверенности, оценки вероятностей субъекта, превращая тем самым действительные степени уверенности реального субъекта в рациональные степени уверенности идеализированного субъекта. Иными словами, допускаются не все оценки вероятностей (не все ставки по Рамсею), а лишь те, которые связаны между собой так, что гарантируют возможность избежать явной неудачи в действиях, полного проигрыша.

Однако оба эти требования являются в данной теории лишь необходимыми, но не достаточными условиями рационального индуктивно-вероятностного поведения. Впервые на это обратил внимание де Финетти [9], хотя Рамсей рассматривал их и как достаточные. Совокупность требований становится достаточной при добавлении третьего: о необходимости пересмотра оценок вероятностей при получении дополнительного знания. Это требование выступает как своеобразный аналог «разумности» поведения людей, выполняющей роль формального механизма объяснения согласия людей относительно оценок вероятностей будущих событий, гипотез при различных исходных степенях уверенности

(априорных вероятностях). Как известно, такого рода процедуры называют Бейсовским выводом. Поэтому к обычным аксиомам исчисления вероятностей в теории субъективной вероятности для фиксации требования пересмотра оценок вероятностей добавляется в качестве новой аксиомы следующее положение Бейеса:

$$P(h_i, e) = P(h_i) \cdot P(e, h_i) / \sum_{j=1}^n P(h_j) \cdot P(e, h_j),$$

где $\vdash e$ и $- h_1 \dots h_n$.

Данное требование рациональности индуктивно-вероятностного поведения как бы «объективирует» первое требование, кажущееся на первый взгляд «субъективистским», означая, что оценки вероятности стремятся к совпадению по мере роста знания субъекта.

Определение конкретных значений субъективной вероятности, лежащей в основе различных вероятностных моделей принятия (различных вероятностных правил принятия), строится в терминах полезности, а полезность — в терминах предпочтения. Именно этот механизм определения оценок вероятностей является основным в так называемых логиках количественного принятия (логиках решения), например Мартина [22] и Джеффри [10]. Эти логики довольно подробно рассмотрены нами в [2]. В данной статье мы хотим лишь отметить вклад Р. Джеффри в развитие прагматической ориентации индуктивной логики.

Джеффри показал, что если выполняются некоторые вполне естественные условия рационального ранжирования предпочтений, то инвариантность функции полезности может пониматься значительно шире, чем у Рамсея и Дж. фон Неймана, у которых функция полезности инвариантна относительно линейного преобразования. Однако инвариантность функции полезности относительно линейного преобразования может иметь место лишь при определенном ограничении, а именно при допущении, что вероятности рассматриваемых альтернатив остаются неизменными. Заслуга Джеффри как раз и заключается в том, что он сумел показать, что эти ограничения на вероятность могут быть сняты и что полезности, во всяком случае, в той же степени надежности, как и у Рамсея и Дж. фон Неймана, могут изменяться шкалами, инвариантными относительно частично-линейного преобразования. Это позволило включить в теорию более широкий класс полезностей. Более того, такой подход к измерению полезностей привел Джеффри к важному результату, который состоит в том, что оценки вероятностей, приписываемые высказываниям, определяются полностью лишь ранжированием множества высказываний по предпочтениям субъекта.

В своем исследовании Джеффри фактически опирался на теорию субъективной вероятности, имеющую дело с такой структурой предпочтений, которая устанавливает точечные полезности для каждого высказывания. Согласно Рамсею, каждое высказывание всегда имеет определенную точечную полезность, а по-

тому и определенную точечную вероятность. Именно в этот пункт теории субъективной вероятности вносит изменение исследование Ф. Шика [23], которое представляется нам важным шагом в развитии концепции субъективной вероятности.

В основе теории Ф. Шика лежит понятие индифферентности, трактуемое как отсутствие предпочтения и не совпадающее с понятием равнооценивания, как это было в классической теории вероятностей. В данном случае равнооценивание влечет индифферентность, но не наоборот. Суть изменения, внесенного Ф. Шиком в теорию субъективной вероятности, состоит в отказе от кажущегося естественным допущения: каждому высказыванию x вне данного полезностного спектра можно найти в этом спектре равноценное ему высказывание. Ф. Шик считает это допущение слишком сильным, поскольку оно связано с точечной индифферентностью, вытекающей из точечного определения полезности и вероятности. Он принимает более слабое допущение: для любого высказывания x вне данного полезностного спектра можно найти в этом спектре два высказывания, неиндифферентных друг другу, но индифферентных относительно рассматриваемого высказывания.

Иначе говоря, допускается существование высказывания, индифферентного каждому из нескольких неиндифферентных друг другу и, следовательно, имеющих различный полезностный ранг высказываний в данном полезностном спектре. Такое допущение отнюдь не является надуманным, а представляет собой попытку наиболее адекватно отразить в теории рационального индуктивно-вероятностного поведения отношения предпочтения субъекта, имеющие место в реальной практике. Вместо точечной индифферентности, лежащей в основе прежней теории субъективной вероятности, принимается *интервальная индифферентность*. В свою очередь это ведет к тому, что интервальной становится полезность, приписываемая высказыванию. Соответственно интервальной, т. е. неопределенной внутри соответствующих рангов, становится также и вероятность.

Интервальность полезности и вероятности позволила обобщить имевшую место у Р. Джеффри связь множества вероятностей с множеством полезностей. А именно формулы, используемые Джеффри, для определения вероятности высказываний через их полезность:

$$(1) \quad P(p, q) = \frac{U(q) - U(\sim p \& q)}{U(p \& q) - U(\sim p \& q)},$$

$$(2) \quad P(p) = \frac{U(T) - U(\sim p)}{U(p) - U(\sim p)},$$

где P — вероятность, U — полезность, T — достоверное высказывание, p, q — высказывания, обобщаются Ф. Шиком следующим образом:

$$(3) \quad [\bar{P}(p, q), \underline{P}(p, q)] = \left[\frac{\bar{U}(q) - \underline{U}(\sim p \& q)}{\underline{U}(p \& q) - \underline{U}(\sim p \& q)}, \frac{\bar{U}(q) - \underline{U}(\sim p \& q)}{\bar{U}(p \& q) - \underline{U}(\sim p \& q)} \right],$$

$$(4) \quad [\bar{P}(p), \underline{P}(p)] = \left[\frac{\bar{U}(T) - \underline{U}(\sim p)}{\underline{U}(p) - \underline{U}(\sim p)}, \frac{\bar{U}(T) - \underline{U}(\sim p)}{\bar{U}(p) - \underline{U}(\sim p)} \right],$$

где \bar{U}, \underline{U} — верхняя и нижняя границы полезностного интервала, приписываемого высказыванию,

\bar{P}, \underline{P} — верхняя и нижняя границы вероятностного интервала.

Ясно, что в том случае, когда верхняя и нижняя границы полезностного интервала совпадают, то (3) и (4) соответственно сводятся к (1) и (2).

Обратим внимание, что при таком подходе к развитию теории субъективной вероятности индифферентность в данной теории становится нетранзитивной, хотя равнооценивание продолжает оставаться транзитивным. Нетранзитивность индифферентности следует непосредственно из допущения, принятого Ф. Шиком. По существу это допущение просто означает отказ от транзитивности индифферентности.

В самом деле, пусть α и β — два неиндифферентных высказывания, принадлежащих данному полезностному спектру и имеющих в нем различные полезностные ранги: x — высказывание, которое не принадлежит данному полезностному рангу и по отношению к которому α и β индифферентны. Тогда, обозначив отношение индифферентности знаком « \approx », вышеотмеченное допущение можно записать следующим образом:

$$\exists \alpha \exists \beta ((\alpha \approx x) \rightarrow (x \approx \beta)) \rightarrow \neg (\alpha \approx \beta).$$

Отказ от транзитивности индифферентности представляется на первый взгляд почти нелепым. Действительно, ведь во всех предшествовавших теориях, так или иначе соприкасавшихся с индифферентностью и, в частности, рассматривавших индуктивно-вероятностное поведение, транзитивность индифферентности принималась как само собой разумеющееся требование, фактически лежавшее в основе признания транзитивности предпочтения и основанной на нем индуктивной процедуры принятия.

Интересные исследования, проведенные в последнем десятилетии многими авторами (Шварц, Фишбэйн, Райнэлс, Тверский, Козелецкий), выявили наличие контекстов, в которых не выполняется транзитивность предпочтений, в том числе и таких контекстов, где при явном невыполнении транзитивности индифферентных альтернатив поведение субъекта нельзя назвать иррациональным [25]. Более того, в различных модификациях Байесовских процедур [12; 25] транзитивность индифферентности рассматривается как недостаток теории и требуется точное (точечное) определение значений полезности альтернатив. Субъект же весьма часто может и не иметь определенных предпочтений в более или менее широком интервале полезностного спектра. Иначе говоря, скорее предпочтения изменяются не от одной

полезности точки к другой, а от одного полезностного интервала к другому. Представляется, что именно эти исследования побудили Ф. Шика принять свое допущение.

Однако у большинства авторов преобладало желание сохранить транзитивность индифферентности и предпочтений. И это неудивительно, поскольку транзитивность достаточно естественно связывалась с рациональностью поведения, в частности индуктивно-вероятностного. Отказ же от этого момента понимания рационального поведения представлялся многим весьма нежелательным. Поэтому были предприняты попытки построить определения понятия транзитивности менее сильного, чем классическое, ввести различные формы транзитивности для отношения предпочтения. Например, по Фишбэриу [12], различают: *слабая* форма транзитивности — ацикличность; *сильная* форма транзитивности — негативная транзитивность; *строгая* форма транзитивности — классическая транзитивность. Обозначив отношение предпочтения знаком « $>$ », а рассматриваемые альтернативы (действия, предложения, высказывания и т. д.) $p, q, r, s \dots p_1, p_2 \dots$, запишем выделенные формы транзитивности: ацикличность: $((p_1 > p_2) \rightarrow (p_2 > p_3) \rightarrow \dots \rightarrow (p_{n-1} > p_n)) \rightarrow \neg (p_n > p_1)$, классическая транзитивность: $((p > q) \rightarrow (q > r)) \rightarrow (p > r)$, негативная транзитивность: $(p > r) \rightarrow ((p > q) \vee (q > r))$.

Тогда способ упорядочивания (ранжирования) альтернатив будет определяться соответственно выделенным формам транзитивности отношения предпочтения. Так, *подпорядок* связывается с ацикличностью и оказывается эквивалентным ей. Иначе говоря, подпорядок имеет место, если, и только если выполняется ацикличность предпочтения рассматриваемых альтернатив. *Частичный* порядок оказывается эквивалентным классической транзитивности отношения предпочтения, а *слабый* порядок эквивалентен негативной транзитивности отношения предпочтения.

В соответствии с вышесказанным для осмысления фактора нетранзитивности представляется естественным выделить две формы индифферентности. Обычная индифферентность, с которой имела дело классическая теория вероятностей, фактически рассматривалась как эквивалентная отношению равнооценивания. Эту форму индифферентности можно назвать *сильной* индифферентностью:

$$(p * q) \leftrightarrow U(p) = U(q),$$

где « $*$ » — знак сильной индифферентности; « \leftrightarrow » — отношение эквивалентности; « U » — оценка (функция оценки).

Для сильной индифферентности всегда выполняется транзитивность в ее классической форме:

$$((p * q) \rightarrow (q * r)) \rightarrow (p * r).$$

Иную форму индифферентности — *простую* индифферентность — определим через отсутствие предпочтения

$$(p \sim q) \rightarrow (\neg (p > q) \& \neg (q > p)),$$

где « \sim » — простая индифферентность; « $>$ » — отношение предпочтения.

Простая индифферентность связана с равнооцениванием, но не отношением эквивалентности, а отношением следования

$$(U(p) = U(q)) \rightarrow (p \sim q),$$

т. е. равнооценивание влечет простую индифферентность, но не наоборот.

Нетрудно показать, что простая индифферентность оказывается нетранзитивной для всех вышеотмеченных форм транзитивности. Этот факт и отражается в контекстах выбора альтернатив с многомерными полезностями, несравнимыми альтернативами, с которыми имеют дело различные виды психологической теории решений. В связи с этим психологи-экспериментаторы предлагают пересмотреть требования рациональности, а теоретики весьма часто объясняют, что экспериментаторы имеют дело с иррациональным субъектом. Представляется, что в таких контекстах нетранзитивность предпочтений обусловлена наличием простой индифферентности рассматриваемых альтернатив, что отражает такую позицию субъекта, которая в целом может быть охарактеризована как неясная, смутная. Это в свою очередь ведет к полезностной неопределенности и соответственно вероятностной неопределенности.

Таким образом, факт нетранзитивности индифферентности в некоторых контекстах не может рассматриваться как свидетельство нарушения рациональности субъекта, но говорит об ином характере самого отношения индифферентности, его простой (слабой) форме. Простая индифферентность, поскольку она не влечет равнооценивания, не подчиняется принципу транзитивности.

Затронутая нами проблема транзитивности отношений предпочтения и индифферентности представляет интерес для анализа прагматической ориентации индуктивной логики, прежде всего в том плане, что индуктивная процедура принятия весьма часто описывается в терминах предпочтения:

$$(p > q) \rightarrow [(A(p, q)) = (p)],$$

$$(p \approx q) \rightarrow [(A(p, q)) = (p, q)],$$

где « A » — отношение принятия.

При этом имеется немало контекстов, в которых, несмотря на транзитивность отношения предпочтения альтернатив $p, q, r, s \dots$, транзитивность отношения принятия для этих альтернатив не выполняется:

$$\{[(p > q) \rightarrow (q > r)] \rightarrow (p > r)\} \rightarrow \{[(A(p, q) = (p)) \rightarrow (A(q, r) = (q)) \rightarrow (A(p, r) = (p))]\} \rightarrow \{\neg (A(p, q, r) = (p))\},$$

а возможно $A(p, q, r) = (q)$. Поэтому при анализе формальных свойств рационального принятия [26] транзитивность не рассмат-

ривается и даже исключается. Однако учет различных форм транзитивности для отношения предпочтения и индифферентности, по-видимому, мог бы привести к восстановлению требования транзитивности для индуктивных логик. С другой стороны, отсюда следует, что отсутствие транзитивности в какой бы то ни было форме отнюдь не свидетельствует о иррациональном индуктивно-вероятностном поведении субъекта.

Одним из интереснейших исследователей современной индуктивной логики в ее прагматической ориентации, положившим в основу ее построения индуктивную процедуру принятия, является Исаак Леви. Поэтому ниже мы рассмотрим основные моменты его системы.

В своей известной работе «Игра с истиной» (1967 г.) И. Леви, выдвигнув в качестве основной задачи индуктивной логики уточнение (рациональную реконструкцию) индуктивного вывода, индуктивного рассуждения *принятия*, строит ее как модель преодоления агностицизма истинной верой. Согласно Леви, субъективная вероятность не должна отождествляться с понятием когнитивистской веры, лежащей в основе индуктивной процедуры *принятия*. Когнитивистская вера в принятие того или иного предложения гораздо богаче понятия субъективной вероятности [17, с. 14]. Экспликатом когнитивистской веры в теории Леви как раз и выступает понятие «преодоление агностицизма истинной верой» вместе с понятием вероятности, являющимся дополнительным по отношению к первому. В свою очередь, понятие «преодоление агностицизма истинной верой» эксплицируется в его индуктивной логике с помощью таких прагматических факторов, как R — оценка и ожидаемая полезность рассматриваемых альтернатив.

Связь индуктивного рассуждения с индуктивным поведением в индуктивной логике И. Леви совершенно прозрачна. Структура индуктивного поведения анализируется на основе общеизвестной схемы выбора действий в теории решений, основными элементами которой являются:

- а) множество альтернативных действий: $x, y, z \dots$;
- б) множество условий, при которых осуществляется действие, обычно называемое «состоянием природы», «положением дел»: $a_1 \dots a_n$;

- в) множество возможных результатов действий: $p, q, r, s \dots$.

В качестве основных элементов индуктивного рассуждения принятия рассматриваются:

- а) свидетельства или тотальное основание: $b \ \& \ c$, относительно которого принимаются альтернативы;
- б) множество релевантных гипотез или возможных вариантов вопросов, которое называется предельным разбиением: H, H_e ;
- в) множество релевантных ответов (гипотез): Me .

Тотальное основание, включающее данные наблюдения, а также теоретическое знание и логические законы, должно быть дедуктивно убедительным, т. е. удовлетворять требованиям

непротиворечивости и дедуктивной замкнутости, а также требование, чтобы все элементы множества $b \& c$ были истинными дедуктивно или индуктивно². При рассмотрении предельного разбиения различаются: исходное предельное разбиение H и предельное разбиение He , получаемое из исходного с учетом нового свидетельства e . В связи с этим Леви подчеркивает, что предельное разбиение H рассматривается как исходное лишь в том смысле, что оно соотносится с b и его элементы не дедуцируются из b , хотя и не противоречат b , а не в том, что исследователь не может переменить проблему в ходе своего исследования. Множество Me включает в себя дизъюнкции принятых элементов He , причем каждый элемент He входит в каждую дизъюнкцию только один раз. Ясно, что в множестве Me имеются 2^n предположения.

Сравнивая структуры индуктивного рассуждения и индуктивного поведения, нетрудно заметить, что элемент индуктивного рассуждения принятия He соответствует множеству альтернативных действий в индуктивном поведении, тотальное основание $b \& e$ — «положению дел» $a_1 \dots a_n$ условий как элементу индуктивного поведения, а множество Me как элемент индуктивного рассуждения принятия соответствует множеству возможных результатов действий как элементу индуктивного поведения.

Индуктивное поведение как выбор действия на основе имеющегося знания, осуществляемое в соответствии с тем или иным критерием рациональности, описывается в индуктивной логике прагматической ориентации правилом принятия. Для того чтобы построить такое правило принятия, Леви уточняет понятие «преодоление агностицизма истинной верой» и анализирует индуктивную процедуру принятия в русле Бейесовского подхода: наибольшая эпистемическая полезность альтернативы рассматривается как критерий рациональности индуктивного поведения и связанного с ним индуктивного рассуждения принятия. «Оправдание принятия Бейесовского направления, — пишет Леви, — плодотворно потому, что эта стратегия необходима в систематическом подсчете отношения между индуктивным выводом и индуктивным поведением» [17, с. 48].

Ядром индуктивной логики Леви является функция полезности, на основе которой уточняется понятие «преодоление агностицизма истинной верой». Первым этапом такого уточнения является R -оценка принятия предложения (гипотезы) из множества Me . R -оценка характеризует емкость (*content*) гипотезы и определяется с помощью следующих аксиом:

- 1) Если p, q — элементы Me и p дедуктивно влечет q , то $R(p) < R(q)$.
- 2) $R(p \vee q) = R(p) + R(q)$.
- 3) Если $a_1 \dots a_n$ элементы He , то $R(a_i) = R(a_j)$.
- 4) $R(p, e) = cont(p, e)$,

² Индуктивная истинность определяется Леви с помощью специальных терминов и понятий.

где p — гипотеза множества Me , представлена дизъюнкцией элементов He ; $cont$ — емкость гипотезы.

Эти аксиомы и доказанные с их помощью теоремы, в частности определяющие значение R -оценки:

$$R(p, c) = cont(p, e) = \frac{n - m}{n},$$

где n — число элементов в He ; m — число элементов в He , которые несовместимы с p ,

$$R(\sim p, e) = cont(\sim p, e) = \frac{m}{n}$$

показывают, что R -оценка описывается исчислением, тесно связанным с исчислением вероятностей, но в некотором смысле, как показал Леви, обратном ему.

Следующий этап в экспликации понятия «преодоление агностицизма истинной верой» состоит в определении функции эпистемической полезности на множестве Me . Выделяются две функции эпистемической полезности: кардинальная полезность, основанная на отношении предпочтения, и ожидаемая полезность, основанная на количественных оценках, приписываемых результатам принимаемых альтернатив. К функции кардинальной полезности предъявляются прежде всего два следующих требования относительно элементов $p, q, r, s \dots$ в Me :

$$1) u(p) < U(p),$$

$$2) U(p) \cong U(q), \text{ если, и только если } R(p) \cong R(q), \text{ т. е. } cont(p) \cong cont(q),$$

где U — эпистемическая полезность принятия p , когда оно истинно; u — эпистемическая полезность принятия p , когда оно ложно.

Иначе говоря, во-первых, истинные альтернативы (правильные ответы) предпочитают ложным альтернативам (неправильным ответам) и, во-вторых, истинные альтернативы с большей степенью преодоления агностицизма истинной верой предпочитают истинным альтернативам с меньшей степенью преодоления агностицизма истинной верой³.

В качестве принятой альтернативы, т. е. добавляемой к тотальному основанию знания, рассматривается альтернатива с максимальной ожидаемой полезностью, в связи с чем в данной системе индуктивной логики формулируется следующее правило принятия:

³ Легко увидеть из данных требований, что функция полезности инвариантна относительно линейного преобразования. Хотя И. Леви в работе [17] занимает несколько негативную позицию по отношению к приписанию количественных полезностных оценок принимаемым альтернативам, общеизвестно, что функция полезности инвариантна классу подобных преобразований. Поэтому требования (1) и (2) нетрудно переформулировать соответственным образом.

1. Принимается $b \& e$ и все его дедуктивные следствия.
2. Все элементы a_i множества He , имеющие $P(a_i, e) < q \text{ cont } (\sim a_i, e)$, отвергаются. Дизъюнкция неотвергнутых элементов He , как сильнейший элемент Me принимается и объединяется с $b \& e$.

Обратим внимание, что принятие, тесно связанное с отвержением, определяется, помимо R -оценки рассматриваемых альтернатив (так как $R(\sim a_i, e) = \text{cont}(\sim a_i, e)$), также неким внелогическим параметром q , который означает в данной системе степень осторожности, осмотрительности исследователя. Чем больше q , тем менее осмотрителен исследователь, тем скорее он примет решение. При $q = 0$ субъект примет те, и только те предложения, которые являются следствиями его тотального основания. Фактически параметр q выполняет явно прагматическую роль в системе индуктивной логики Леви при описании индуктивного поведения субъекта и связанного с ним индуктивного рассуждения принятия.

В более поздних своих работах И. Леви [18—21] строит правило принятия на основе функций «степень уверенности принятия» и «степень уверенности отвержения». Согласно И. Леви, это правило более адекватно отражает практику научных исследований и применимо в контекстах, где ставится задача дать оценку неизвестного статистического параметра или осуществить выбор одной из альтернативных теоретических гипотез [20, с. 291]. Фактически здесь в качестве экспликата когнитивистской веры в принятие предложений используется понятие «степень уверенности принятия» (b -функция) и связанное с ним понятие «степень уверенности отвержения» (d -функция)⁴. Обе эти функции не являются вероятностными функциями. Однако они не исключают понятие вероятности в качестве экспликата когнитивистской веры в принятие предложений, но выступают дополнительными к ней функциями.

Пусть субъект рассматривает альтернативы относительно имеющегося у него исходного знания K , представленного дедуктивно замкнутым множеством предложений или высказываний; H — множество рассматриваемых гипотез, вопросов $a_1 \dots a_n$, непротиворечивое и дизъюнктивно исчерпывающее относительно K ; M — множество принимаемых гипотез, потенциальных ответов $p, q, r, s \dots$, где каждая гипотеза p эквивалентна дизъюнкции некоторого множества элементов H . Имеются 2^n принимаемых гипотез, потенциальных ответов, включая два вырожденных случая, когда p есть дизъюнкция всех элементов множества H и когда p есть противоречивая гипотеза (представленная «нулевой» дизъюнкцией). Относительно K субъект может обосновать (на основе формулируемого правила принятия) одну гипотезу, один потенциальный ответ.

⁴ Эти понятия, по существу, фигурируют вместо трудноусваиваемого понятия «преодоление агностицизма истинной верой».

Тогда индуктивная процедура принятия может быть охарактеризована как *расширение* исходного знания K добавлением новой информации (принятого потенциального ответа), имеющей отношение к проблеме. Под *дедуктивно убедительным индуктивным правилом принятия* как раз и понимается правило расширения исходного знания K добавлением предложений эквивалентных при данном K дизъюнкциям элементов H , и которое обеспечивает непротиворечивость и дедуктивную замкнутость результата.

b — функция, лежащая в основе дедуктивно убедительного индуктивного правила принятия Леви, должна удовлетворять следующим условиям:

(a) Если $b_k(p) > 0$, $b_k(\sim p) = 0 = \min b$ -значению.

(b) Если $K \vdash p$, $b_k(p) = 1 = \max b$ -значению.

(c) $b_k(p \& q) = \min(b_k(p), b_k(q))$.

При этом допускается, что если субъект имеет определенную степень уверенности в гипотезе p , то он отвергает противоположную ей гипотезу в той же степени, т. е. $b_k(p) = d_k(\sim p)$. Тогда d -функция будет удовлетворять следующим требованиям:

(a') Если $d_k(p) > 0$, $d_k(\sim p) = 0 = \min d$ -значению.

(b') Если $K \vdash p$, $d_k(p) = 1 = \max d$ -значению.

(c') $d_k(p \vee q) = \min(d_k(p), d_k(q))$.

Дедуктивно убедительное индуктивное правило принятия вводится в системе II. Леви с целью обосновать, оценить, какую альтернативную гипотезу принять относительно K : гипотеза, которая имеет достаточно высокое b -значение, принимается и добавляется к исходному знанию K .

Как определяются b -значения гипотезы? b -значения гипотезы задаются определением некоторого порогового значения q , которое II. Леви называет порогом осторожности исследователя. Идея состоит в обращении к d -функции, а именно: все элементы, значения d -функции которых больше q , отвергаются, а остальные элементы принимаются. Поскольку гипотеза $\sim p$ представляется как дизъюнкция элементов подмножества H , а согласно условию (c') $d_k(\sim p)$ равно наименьшему значению d -функции, приписываемому элементам (дизъюнктам) гипотезы $\sim p$, значит если $d_k(\sim p)$ будет больше некоторого порогового значения q , то $\sim p$ отвергается. Но это равносильно принятию p , так как $d_k(\sim p) = b_k(p)$.

Для каждого значения q (от минимального до максимального) можно построить дедуктивно убедительное правило принятия. Когда $q = 0$, то все элементы множества H с положительными d -значениями отвергаются. Когда $q = 1$, то ни один элемент множества H не отвергается. Для промежуточных значений q отвергаются те, и только те элементы множества H , для которых $d_k(\sim p) > q$. Внелогический параметр q , естественно, выступает здесь субъективным, прагматическим параметром. Однако это

характеристика рационального, а не реального субъекта. Иначе говоря, он отражает не какие-то смутные предчувствия реального субъекта, а убеждения, основанные на определенных принятых в данной исследовательской программе стандартах.

Достоинство таких индуктивных правил принятия И. Леви видит в том, что для *b*-функций, лежащих в основе правил подобного типа, не возникает проблема дедуктивной замкнутости, которая, как известно, является «чужой вероятностных мер» [20] и соответствующих вероятностных правил принятия.

Последнее весьма важно. Дело в том, что, как справедливо отмечает Левин [20], при попытке обосновать *принятие* той или иной гипотезы из множества *H* весьма часто обращаются к понятию подтверждения. В современной индуктивной логике, начиная с Кейнса, именно это понятие исследовалось как единственное, обосновывающее принятие гипотезы. При этом наиболее известными видами подтверждения выступали: (1) оценивание *риска ошибки* главным образом на основе вероятностных мер; (2) выбор гипотезы с *наибольшим подтверждением* (поддержкой) путем введения того или иного фактора максимизации — чаще всего опять-таки вероятностного; (3) гипотеза рассматривается как «принятая», если ее подтверждение *достаточно высоко*. Однако при характеристике критерия подтверждения с помощью вероятностных мер — а именно эта позиция была доминирующей в современной индуктивной логике — исследователи сталкивались, как известно, со значительными трудностями, в частности с нарушением требования дедуктивной замкнутости.

Важно отметить, что все эти виды подтверждения рассматриваются как своеобразные детерминанты принятия, основания принятия. Конечно, связь подтверждения и принятия как индуктивных процедур обоснованности гипотез несомненна, однако она отнюдь не так проста, как представляется на первый взгляд. Вполне возможна «самостоятельная жизнь» этих индуктивных процедур. Так, теория *b*-функции, степеней уверенности принятия Леви функционирует независимо от какой-либо теории подтверждения.

Конечно, в практике научных исследований подтверждение как индуктивная процедура обоснованности гипотез может предшествовать индуктивной процедуре принятия. Таких контекстов немало. Но гораздо больше контекстов, где подтверждение следует за принятием. Поэтому нельзя не согласиться с В. Н. Костюком, что вероятностные правила принятия, характеризующие индуктивную процедуру подтверждения, «описывают не столько реальную практику принятия, сколько результат следующей за принятием новой гипотезы перестройки структурной обоснованности научных утверждений» [6]. С этих позиций действительно объясним факт принятия маловероятных гипотез в практике научных исследований.

Современный познавательный процесс не может не трансформироваться по мере развития научно-технической революции. В нас-

тоящей статье мы попытались обратить внимание читателя на такую тенденцию в индуктивной логике, когда при построении систем учитываются прагматические факторы. При этом теоретико-познавательный и логический моменты оказываются органически связанными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будбаева С. П. К вопросу о понятии субъективности // Филос. науки, 1972, № 2.
2. Будбаева С. П., Пятницын Б. Н. К исследованию и построению прагматических логик // Философия в современном мире. М., 1976.
3. Кайберг Г. Вероятность и индуктивная логика. М., 1978.
4. Нейман Ю. Вводный курс теории вероятности и математической статистики. М., 1968.
5. Козелецкий Б. Психологическая теория решений. М., 1979.
6. Костюк В. П. Подтверждение и принятие гипотез // Наст. сб.
7. Пятницын Б. Н., Демина О. И. Является ли индуктивная логика интенциональной? // Наст. сб.
8. Black M. Notes on the paradox of confirmation // Aspects of inductive logic. Amsterdam, 1966.
9. Finetti B. de. Foresight: its logical laws, its subjective sources // Studies in subjective probability. L., 1964.
10. Jeffrey R. Logic of decision. N. Y., 1965.
11. Jeffrey R. Studies in inductive logic, probability. N. Y., 1980.
12. Fishburn P. C. Models of individual preference and choice // Synthese, 1977. N 36.
13. Cohen L. I. Implications of induction. L., 1970.
14. Cohen L. I. The probable and the probable. Oxford, 1977.
15. Cohen L. I., Hesse M. B. Applications of inductive logic. Oxford, 1980.
16. Kyburg H. E. Epistemology and inference. N. Y., 1982.
17. Levi I. Gambling with truth. N. Y., 1967.
18. Levi I. On indeterminate probabilities // J. Philos. 1974. Vol. 15.
19. Levi I. Support and surprise: L. J. Cohen's views of inductive probability // Brit. J. Philos. Sci. Vol. 30.
20. Levi I. In enterprise of knowledge: An essay on knowledge creedal probability and chance. Cambridge, 1980.
21. Levi I. Potential surprise: its role in inference and decision-making. Applications of inductive logic. Oxford, 1980.
22. Levi I. Decisions and revisions: Philosophical essay on knowledge and value. Cambridge, 1984.
23. Martin R. M. Intention and decision: A philosophical study. N. Y., 1964.
24. Schick F. Self-knowledge, uncertainty and choice // Brit. J. Philos. Sci. 1979. Vol. 30.
25. Ramsey F. Truth and probability // Studies in subjective probability. L., 1964.
26. Rynnals A. R. Difficulties of Lindley — savage argument // Synthese. 1977. Vol. 37.



ИНДУКТИВНАЯ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КАК НАУЧНАЯ И ЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Понятие индуктивной систематизации охватывает все те виды индуктивных отношений между некоторым заключением и его посылками (подтверждение, подкрепление, принятие и т. п.), согласно которым заключение логически не следует из своих посылок, но на основании определенного критерия является для них релевантным. Теорию индуктивной систематизации в целом можно определить как теорию индуктивной релевантности. Наибольший интерес в этой связи вызывает изучение индуктивной релевантности существенных в научном отношении гипотез, теорий, эмпирических свидетельств, философских и мировоззренческих принципов. Теория индуктивной релевантности является расширением теории дедуктивной релевантности, хотя обе они могут развиваться относительно самостоятельно. Объединение обеих теорий принято называть теорией научной систематизации. Под научной систематизацией понимается объяснение дедуктивных и индуктивных связей эмпирически регистрируемых и предсказываемых фактов в терминах заданного научного языка. Очевидно, что объяснение индуктивных связей и отношений обусловлено содержанием выбираемого для этой цели научного языка. В связи с этим представляет самостоятельную задачу анализ основных факторов индуктивной систематизации как частный случай научной систематизации.

1. Индуктивная систематизация как научная проблема

Исследование индуктивной систематизации как одного из основных видов научной систематизации существенным образом зависит от представлений о системном характере научного знания, о его главных системообразующих функциях и факторах. Это обстоятельство является важным при рассмотрении и оценке различных моделей индуктивной систематизации в исторической перспективе.

В период широкого распространения неопозитивистских установок на природу и функции научного знания индуктивная систематизация рассматривалась исключительно как систематизация одних эмпирических данных в терминах других эмпирических данных. Выдвигавшиеся в этот период программы полной верифицируемости, «слабой» верифицируемости Дж. Айера, редуцируемости, определмости, частичной подтверждаемости и интерпретации в терминах языка наблюдения представляли собой альтернативные модели эмпирической релевантности как единственно возможного вида индуктивной систематизации научных выска-

зываний. Р. Карнап, детально разработав в «Логических основаниях вероятности» концепцию индуктивной релевантности эмпирических данных, выразил неопозитивистскую интерпретацию индуктивной систематизации в наиболее полном и законченном виде [10, гл. 6].

Критика неопозитивистской концепции природы и функции научного знания привела, в частности, и к пересмотру роли и значения индуктивной систематизации. К. Гемпель в 1958 г., спасая основные положения неопозитивистской доктрины, признал необходимость теорий в научной систематизации эмпирических данных [13]. Им же были предложены и сами термины «научная систематизация» и «дедуктивная и индуктивная систематизации». Понятие научной систематизации, согласно К. Гемпелю, отражает то общее, что присуще всем научным процедурам, — установление с помощью законов и теорий «систематических связей среди эмпирических фактов таким образом, что с их помощью можно вывести с целью объяснения, предсказания, ретросказания некоторые эмпирические факты из других подобных фактов» [13, с. 177]. В 1959 г. независимо от К. Гемпеля Р. Ледли и Л. Ластедом была предложена логическая модель медицинского диагноза, в которой теоретическое медицинское знание является необходимым компонентом систематизации эмпирических данных (симптомов заболевания) при установлении диагноза [19].

Однако выдвинутая К. Гемпелем программа защиты теорий в научной систематизации оказалась противоречивой в двух отношениях. На первое противоречие указал сам К. Гемпель, назвав его «дилеммой теоретика». Согласно этой дилемме теории не необходимы для дедуктивной систематизации эмпирических данных как в случае выполнения своих функций, так и в случае невыполнения. Второе противоречие относилось к индуктивной систематизации. В отличие от дедуктивной индуктивная систематизация, по мнению К. Гемпеля, без теорий невозможна. Но в той модели индуктивной систематизации, которую он построил для демонстрации необходимости теорий, базисное отношение индукцируемости, как было показано несколькими авторами, является транзитивным [22; 24; 26]. Если учесть, что всякая нетривиальная индукция нетранзитивна по определению, то доказательство К. Гемпеля является индуктивно ложным. Общим источником обоих противоречий является инструментализм К. Гемпеля — трактовка теорий как обыкновенных логических посылок без учета их особой роли в научных процедурах.

В так называемый постпозитивистский период философия науки развивается во многих направлениях. Общим моментом для постпозитивистской доктрины научного знания является признание определяющей роли теоретических построений в науке, теоретической обусловленности каждого эмпирического факта, несводимости теоретического к эмпирическому. Подобная всеобщая реабилитация теоретического знания не могла не коснуться и вопросов, связанных с научной систематизацией. В начале

70-х годов Р. Туомела тщательно проанализировал «дилемму теоретика» К. Гемпеля и дал корректное доказательство необходимости теорий при дедуктивной систематизации эмпирических данных [26]. И. Нинилиуото (совместно с Р. Туомелой) доказал необходимость теорий в индуктивной систематизации эмпирических данных для нетранзитивного отношения индуцируемости [22; 24]. Большой вклад в исследование вопроса о нетранзитивности индукции и роли теорий в индуктивных процедурах внесла М. Хессе [14].

Вместе с тем не прекращаются попытки доказать, что теории не являются необходимыми для установления индуктивной систематизации [12; 17; 18]. Анализ показывает, что в основе подобных доказательств лежит допущение, из которого исходил еще К. Гемпель, а именно: инструментализм в объяснении роли теорий в научных процедурах, возможность редукции этой роли к сугубо логическим функциям и возможность замены теорий на этом основании *любой* другой переменной независимо от ее научного статуса. Особое значение теоретического знания в научной систематизации игнорировалось, что является очевидным методологическим анахронизмом.

Завершая этот краткий обзор современного состояния дел в исследованиях индуктивной систематизации, следует выделить два ясно различающихся этапа. Основанием выделения этих этапов является решение вопроса о главных факторах научной систематизации. В период господства неопозитивистской доктрины научного знания главным фактором (помимо логически и математически истинных высказываний) считалось эмпирически верифицируемое, подтверждаемое знание. В постпозитивистский период развития логики и методологии науки общим местом становится положение о двухфакторной системе научного знания, куда, кроме эмпирического знания, непременно входит и теоретическое. Является ли такая модель научной систематизации достаточной с точки зрения выделения основных факторов? Чтобы ответить на этот вопрос и ряд связанных с ним других вопросов, проанализируем проблему научной систематизации с диалектико-материалистической позиции.

Ф. Энгельс, критикуя априорный характер системных построений Е. Дюринга, в частности, отмечал: «Уразумение того, что вся совокупность процессов природы находится в систематической связи, побуждает науку выявлять эту систематическую связь повсюду, как в частностях, так и в целом» [1, с. 35—36]. Принципиальная незавершенность каждой научной картины мира является основой безграничного прогресса научного знания. С точки зрения Ф. Энгельса, прогрессивное развитие науки обеспечивает взаимодействие трех главных факторов: эмпирического естествознания (эмпирический фактор), теоретического естествознания (теоретический фактор) и материалистической диалектики (философский фактор). Эмпирическое естествознание накапливает факты, положительный материал, требующий упорядочения «сооб-

разно его внутренней связи» [1, с. 366]. Теоретическое естествознание как система материалистического познания природы анализирует факты, открывает присущие им внутренние связи и, найдя, доказывает их, «насколько это возможно, опытным путем» [1, с. 371]. Диалектика, согласно Ф. Энгельсу, обеспечивает высший уровень систематизации научного знания, поскольку диалектическое мышление «есть только отражение господствующего во всей природе движения путем противоположностей...» [1, с. 526].

Анализируя взаимоотношение философии с естествознанием, Ф. Энгельс выделяет несколько конкретных функций, выполняемых философией. Во-первых, философия предоставляет теоретическому естествознанию различного рода методы объяснения. Во-вторых, философия необходима для теоретического естествознания, потому что она «дает масштаб для оценки выдвигаемых им самим теорий» [1, с. 367]. В-третьих, философия выполняет селективную функцию — элиминирует невозможные в пределах ее системы тенденции развития естествознания [1, с. 393—394].

Отмеченным функции философии, конечно, не исчерпываются. Но это отношение указывает на одно из фундаментальных свойств философского знания — его антецедентный характер в сравнении с теоретическим знанием и тем более эмпирическим. В отечественной философской литературе вопрос о антецедентном характере философского знания рассматривался многими авторами [2, гл. 2]. По мнению Е. А. Мамчур, обусловленность теоретического знания философским знанием видна из того, что «теоретические термины имеют некоторое содержание уже до того, как они объединяются в систему, обладают, так сказать, некоторым антецедентным смыслом» [6, с. 126]. Несмотря на известное разнообразие возможных источников подобного антецедентного содержания теоретических терминов (философское, общенаучное и вне-научное знание), имеются веские исторические свидетельства того, что именно философия является самым главным и наиболее эвристическим источником этого содержания. Согласно современным историко-научным представлениям прежде всего философия оказывает глубокое влияние на формирование теоретических концепций. «Далеко не случайно,— отмечает, например, Т. Кун,— что появлению физики Ньютона в XVII веке, а теории относительности и квантовой механики в XX веке предшествовали и сопутствовали фундаментальные философские исследования современной им научной традиции» [5, с. 119].

Непосредственным следствием признания антецедентного характера философии является положение о том, что каждый эмпирический факт и, следовательно, все эмпирическое обусловлено философскими допущениями. Одних только теоретических предположений совершенно недостаточно для развития теоретического естествознания. Последнее без диалектики, по выражению Ф. Энгельса, находится в «беспомощном положении». «Презре-

ние к диалектике, — пишет он, — не остается безнаказанным» [1, с. 382].

Таким образом, с диалектико-материалистической точки зрения основными факторами научной систематизации являются следующие: философское знание, теоретическое знание и эмпирическое знание. Между этими видами знаний выполняется отношение antecedентности, т. е. философские систематизации предшествуют теоретическим и эмпирическим, а философские и теоретические предшествуют эмпирическим. Философское знание генерирует предельно общее системное описание предметной области, теоретическое знание — менее общее и эмпирическое знание — само конкретное описание. Философские системы определяют принципиальные возможности теоретического объяснения эмпирических закономерностей. Но философское знание выполняет не только селективную функцию по отношению к теоретическим построениям, оно одновременно является также одним из источников выдвижения теоретических и эмпирических гипотез. С другой стороны, теоретическое и особенно эмпирическое знание, быстро накапливаясь и изменяясь, периодически вызывают потребность выдвижения новых философских гипотез. Между всеми уровнями научной систематизации наблюдается взаимодействие и взаимозависимость. Встает вопрос: какая функциональная единица научного знания является достаточной для исследования всех трех уровней систематизации в полном объеме?

Наиболее приемлемым кандидатом на такую роль следует считать, на наш взгляд, научную программу. Основоположителем методологии научно-исследовательских программ, как известно, является И. Лакатош [19]. С его точки зрения, научный прогресс может быть рационально понят и реконструирован не в терминах опровержения или подтверждения отдельных, изолированных теорий, а в терминах выдвижения и последующей замены научно-исследовательских программ. «Жесткое ядро» программы генерирует необходимые теоретические объяснения, а также методы работы с ними. Следует особо выделить идею И. Лакатоша о том, что прогресс науки измеряется прогрессивным развитием научно-исследовательских программ, а не развитием отдельных теорий.

Вместе с тем необходимо отметить и существенные ограничения, присущие концепции И. Лакатоша. Согласно Б. С. Грязнову и В. Н. Садовскому, методология научно-исследовательских программ И. Лакатоша «в своей основе ... конвенциональна» [4, с. 21], ибо не характеризует развитие науки как процесса познания объективной истины. По мнению этих же авторов, И. Лакатош в своей концепции не решил проблему соотношения философского и собственного теоретического знания. «... Постпозитивистская реакция на изгнание логическим эмпиризмом метафизики из сферы осмысленного рассуждения привела к другой крайности — к включению метафизики в науку, при котором теряется какая-либо определенность в том, что относится к философии, а что к науке»

14, с. 28]. В русле этой критики более обоснованной представляется точка зрения П. Гайдено, согласно которой научная программа преимущественно создается в рамках определенного философского мировоззрения и служит средством для перехода «от общемировоззренческого принципа, заявленного в философской системе, к раскрытию связи явлений эмпирического мира» [3, с. 11]. Связь научной программы с философским знанием лишает ее конвенциональности, так как через философские принципы она оказывается включенной в общий социокультурный контекст рассматриваемого исторического периода. С другой стороны, выделение философии в качестве самостоятельного фактора научной систематизации позволяет исследовать его взаимодействие с теоретическим и эмпирическим факторами во всех возможных комбинациях.

С диалектико-материалистической точки зрения значение научной систематизации как научной проблемы состоит в анализе взаимодействия трех основных уровней систематизации: эмпирического, теоретического и философского. Изучать научную систематизацию можно многими способами, но самый перспективный способ — это, по-видимому, анализ научной систематизации, устанавливаемой научной программой. Научная программа осуществляет необходимый синтез философских, теоретических и эмпирических знаний и одновременно удовлетворяет требованиям адекватной меры научного прогресса. Значит, новый, высший этап исследования индуктивной систематизации должен состоять из анализа индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой.

2. Индуктивная систематизация как логическая проблема

Конструирование подходящей формальной модели индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой, и исследование ее объяснительных возможностей в методологических контекстах составляют главное содержание индуктивной систематизации как логической проблемы.

В данной части статьи отражены первые результаты в решении указанной проблемы — приведены основные определения и дан их анализ. Во-первых, рассмотрены и определены базисные понятия индуцируемости и индуктивной выводимости. Во-вторых, доказывается свойство нетранзитивности введенного отношения индуцируемости. В-третьих, анализируются и определяются все виды индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой. В-четвертых, на основе доказанной нетранзитивности отношения индуцируемости определяется критерий релевантности (необходимости) философских допущений в индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой.

Базисным элементом любой модели индуктивной систематизации является понятие *индуцируемости*. Это понятие обознача-

ет, как правило, некоторое бинарное отношение, определяемое для всех пар предложений e и h формализованного языка \mathcal{L} , истинное только в том случае, если h индуцируется e . Пусть $I(h, e)$ обозначает, что e и h находятся в отношении индуцируемости и что e действительно индуцирует h .

В литературе можно встретить несколько определений индуцируемости в терминах вероятностной меры P , определенной для всех предложений \mathcal{L} . Среди них:

$$\text{Д.1. } I(h, e) =_{df} P(h/e) > P(h).$$

$$\text{Д.2. } I(h, e) =_{df} P(h/e) > q \geq 1/2, \text{ где } q \text{ — константа.}$$

$$\text{Д.3. } I(h, e) =_{df} P(h/e) > P(k/e), \text{ где } k \text{ — произвольное предложение } \mathcal{L}, \text{ такое, что } (h \cdot e) \vdash k.$$

$$\text{Д.4. } I(h, e) =_{df} \text{ а) } \{e\} \cup \mathcal{P} \cup \mathbf{I} \vdash h;$$

$$\text{б) } \{e\} \cup \mathcal{P} \vdash h;$$

$$\text{с) } \{e\} \vdash h, \text{ где } \mathcal{P} \text{ — множество аксиом исчисления вероятностей, } \mathbf{I} \text{ — множество правил индуктивного вывода.}$$

$$\text{Д.5. } I(h, e) =_{df} \text{ а) } e \text{ — истинно фактически;}$$

$$\text{б) } e \vdash h;$$

$$\text{с) } P(h/e) > q \geq 1/2;$$

$$\text{д) } P(E(h, e)/(h \cdot e)) > q, \text{ где } E(h, e) \text{ означает, что между } h \text{ и } e \text{ существует объяснительная связь.}$$

Определения Д.1 и Д.2 известны под названием критериев позитивной релевантности и высокой вероятности соответственно. Определение Д.3 предложил К. Мерер и назвал его «правилом прямой индуцируемости» [21]. Определение индуцируемости Д.4 было сконструировано Дж. Корнманом [12, с. 101]. Это определение, как показал И. Нинилуото в дискуссии с С. Кауфманом, существенно зависит от того, какие правила индуктивного вывода входят в множество \mathbf{I} [17; 23]. Таким образом, Д.4 само основывается на определенной интерпретации базисного отношения индуцируемости. Определение Д.5 предложил П. Ачинстейн [8]. Его определение представляет попытку объединить Д.1 и Д.2 в объяснительной модели индуцируемости. Помимо того, что Д.5 чрезвычайно сужает класс предложений, могущих быть индуктивно релевантными друг другу, оно также зависит от того, как определяется отношение объяснения между h и e . Определение Д.3, с другой стороны, предполагает транзитивность индуцируемости [22, с. 63—67]. Из оставшихся кандидатов, Д.1 и Д.2, определение Д.1 предпочтительнее, чем Д.2, в том отношении, что оно, как показывает анализ, более слабое и более естественное.

Развернем Д.1 в более полное определение отношения индуцируемости.

Д.6. Бинарное отношение позитивной ($I^P(h, e)$), негативной ($I^N(h, e)$), иррелевантной ($I^{IR}(h, e)$) индуцируемости истинно для произвольных предложений $h, e \in \mathbf{L}$, если, и только если

$$\text{а) } I^P(h, e) =_{df} P(h/e) > P(h);$$

$$\text{б) } I^N(h, e) =_{df} P(h/e) < P(h);$$

с) $I(h, e) =_{df}$ либо истинно $I^P(h, e)$, либо истинно $I^N(h, e)$;

д) $I^{IR}(h, e) =_{df} P(h/e) = P(h)$.

Пусть W будет формальной системой, такой, что $W = (\mathcal{L}, \mathcal{P}, I)$, где \mathcal{L} — базисный язык с логическими, нелогическими аксиомами и правилами дедуктивного вывода, \mathcal{P} — исчисление вероятностей и I — множество правил индуктивного вывода. На основании Д.6 можно сформулировать следующие три правила для I .

11. Если имеет место e и истинно $I^P(h, e)$, то h индуктивно следует из e в позитивном смысле.

12. Если имеет место e и истинно $I^N(h, e)$, то h индуктивно следует из e в негативном смысле.

13. Если имеет место e и истинно $I^{IR}(h, e)$, то h индуктивно следует из e в иррелевантном смысле. Объединение Д.4, Д.6 и формальной системы W позволяет ввести понятия индуктивной выводимости и индуктивной теоремы (системы W).

Д.7. h индуктивно выводима из $e(e \vdash_I h)$, если, и только если

а) e индуцирует h в смысле Д.6;

б) $\{e\} \cup \mathcal{L} \cup \mathcal{P} \cup I \vdash h$;

с) $\{e\} \cup \mathcal{L} \cup \mathcal{P} \vdash h$;

д) $\{e\} \cup \mathcal{L} \vdash h$, где $I = \{I_1, I_2, I_3\}$. Очевидно, что отношение индуктивной выводимости \vdash_I не совпадает с отношением дедук-

тивной выводимости как в логической, так и в вероятностной форме. Условия с и д в Д. 7 отделяют индуктивную выводимость от дедуктивной. Несовпадение обоих видов выводимости обеспечивается тем, что базисное отношение индуцируемости $I(h, e)$ и основанные на нем правила индуктивного вывода нетранзитивны.

Д.8. h является индуктивной теоремой некоторой формальной системы W , если, и только если

а) h не является тавтологией ($0 < P(h) < 1$);

б) h индуктивно следует из некоторой интерпретации W в смысле Д.7, т. е. истинно $e \vdash_I h$;

с) $\mathcal{P} \cup I \vdash h$. Условие с в Д.8 запрещает h быть чисто вероятностным утверждением (аксиомой или теоремой).

Формальная система W , по определению, включает не только индуктивные, но и вероятностные, и логические теоремы. Полное определение теоремы системы W поэтому должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Все логические, вероятностные и индуктивные аксиомы W есть теоремы W ;

2. Если все посылки некоторого правила вывода (дедуктивного, вероятностного или индуктивного) есть теоремы W , то заключение этого правила также есть теорема W . В итоге получаем следующее обобщенное определение теоремы системы W : Д.9. Теоремой формальной системы W может быть любая формула, являющаяся теоремой на основании требований 1 и 2.

Из всех свойств отношения индуцируемости ниже анализи-

руется только свойство нетранзитивности. Формальные свойства системы W не исследуются. Но при анализе индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой, делается допущение, что научная программа как формальная система является моделью W . Для большего удобства при доказательствах ссылки будут делаться не на множество индуктивных правил, а на определение Д.6. Это позволяет сократить длину доказательств.

Важнейшим относительным свойством индукции является ее нетранзитивность. Насколько нам известно, систематического доказательства нетранзитивности в литературе нет. Отчасти это вызывается тем, что разные авторы придерживаются разных толкований базисных отношений индуцируемости. Учитывая это обстоятельство, а также то, что свойство нетранзитивности играет важную роль в последующих рассуждениях, докажем, что отношение индуцируемости, определенное согласно Д.6, нетранзитивно.

Тезис о транзитивности индукции в общем случае равносильен дизъюнкции следующих четырех возможных утверждений.

А. Индукция из индуцированных следствий транзитивна.

В. Индукция из дедуцированных следствий транзитивна.

С. Дедукция из индуцированных следствий транзитивна.

Д. Индукция логически истинных утверждений транзитивна.

Примерной формализацией этих утверждений являются следующие теоремы.

Для А:

(I) Если $I^P(h, e)$ и $I^P(k, h)$, то $I^P(k, e)$.

(II) Если $I^P(h, e)$ и $I_h^P(k, e)$, то $I^P(k, e)$ ¹.

Для В:

(III) Если $e \vdash h$ и $I^P(k, h)$, то $I^P(k, e)$.

(IV) Если $h \vdash k$ и $I^P(k, e)$, то $I^P(h, e)$.

Для С:

(V) Если $I^P(h, e)$ и $h \vdash k$, то $I^P(k, e)$.

Для Д:

(VI) Если $I^P(h, e)$ и $I^P(h \supset k, e)$, то $I^P(k, e)$.

Будем рассуждать от противного: опровержение теорем (I) \div (VI) и, следовательно, утверждений $A \div D$ позволит опровергнуть тезис о транзитивности индукции (в смысле определения Д. 6).

Как показал Р. Карнап еще в 1950 г., для обсуждения индуктивных связей можно использовать семантические методы [10, гл. 6]. В частности, для этих целей можно построить таблицу распределения I -значений для фиксированных переменных.

Пусть h, k — гипотезы, e — свидетельство. Из h и k можно построить четыре конституенты. Распределение I -значений среди этих конституент должно удовлетворять следующим требованиям: если в какую-либо строку таблицы не входит ни одно I^{IR} -значение, то все четыре конституенты не могут одновременно иметь I^P -либо I^N -значение; если в какую-либо строку входит одно

¹ Выражения вида $I_1(k, e)$ означают, что e индуцирует k относительно h .

I^{IR} -значение, то оставшиеся три конституенты не могут одновременно иметь I^P - либо I^N -значение и т. д. По этому ограничению исключается распределение с тремя I^{IR} -значениями (и одним I^P - либо I^N -значением соответственно), но не исключается случай, когда все четыре конституенты имеют I^{IR} -значение.

Нетрудно подсчитать общее число возможных распределений I -значений по четырем конституентам. Без I^{IR} -значений имеется

$$\left[\sum_{i=1}^3 \binom{4}{i} \right] \times \binom{4}{0} = 14 \text{ распределений.}$$

С одним I^{IR} -значением имеется

$$\left[\sum_{i=1}^2 \binom{3}{i} \right] \times \binom{4}{1} = 24 \text{ распределения.}$$

С двумя I^{IR} -значениями имеется

$$\binom{2}{1} \times \binom{4}{2} = 12 \text{ распределений.}$$

С четырьмя I^{IR} -значениями имеется одно распределение. Общее число распределений (строк) в таблице с двумя переменными, таким образом, равно 51^2 . Для опровержения любой из указанных выше индуктивных теорем достаточно будет найти одно возможное распределение I -значений, из которого следовала бы истинность всех допущений и одновременно ложность заключения рассматриваемой теоремы.

Опровержение А.

Индуктивная ложность теоремы (I) была показана несколькими авторами [25; 22, с. 28]. Согласно этой теореме индуцируемость k на основании h никак не обусловлена свидетельством e . Целесообразно поэтому потребовать, чтобы гипотеза k индуцировалась конъюнкцией $(e \cdot h)$. Подобная релятивизация оправдана, так как в действительности связи между гипотезами рассматриваются всегда в свете какого-либо базисного знания. Теорема (II) удовлетворяет выдвинутому требованию. Более того, (II) может считаться вполне приемлемым кандидатом для утверждения истинности А. Покажем, что это не так.

Доказательство:

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. $(h \cdot k)$ имеет I^P-значение 2. $(h \cdot \sim k)$ имеет I^P-значение 3. $(\sim h \cdot k)$ имеет I^N-значение 4. $(\sim h \cdot \sim k)$ имеет I^P-значение | $\left. \vphantom{\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix}} \right\} \text{ допущения.}$ |
| <p>5. $I^P(h, e)$ (следует из 1, 2, 3, 4 согласно аксиомам \mathcal{P} и Д.6).</p> | |
| <p>6. $I_h^P(k, e)$ (следует из 1-го док.: $I^P(h \cdot k, e)$ согласно Д.6а эквивалентно $P(h \cdot k/e) > P(h \cdot k)$, откуда с помощью \mathcal{P} получаем</p> | |

² В случае трех переменных число распределений резко возрастает и становится равным 6051.

$P(h/e) P(k/e \cdot h) > P(h) P(k/h)$. Из последнего неравенства на основании Д.6а получаем, что $I^P(h \cdot k, e)$ эквивалентно $I^P(h, e)$ и $I_h^P(k, e)$.

7. $I^N(k, e)$ (следует из 1, 3, 2, 4 согласно \mathcal{P} и Д.6). Шаги 5 и 6 воспроизводят условия теоремы (II), а шаг 7 — отрицание заключения (II). Учитывая ложность (I) и (II), утверждение А следует считать индуктивно ложным.

Опровержение В.

Теорему (III) У. Сэлмон и Н. Нинилюото отвергли по тем же основаниям, что и (I). Однако если в (III) индуцируемость k рассматривать относительно свидетельства $(e \cdot h)$, то модификация: (III') если $e \vdash h$ и $I_h^P(k, e)$, то $I^P(k, e)$ будет индуктивно истинным утверждением. Из истинности (III') следует истинность более общей теоремы:

(III'') если $I^{IR}(h, e)$ и $I_h^P(k, e)$, то $I^P(k, e)$. На основании (III) можно сказать, что индукция из индуцированных следствий транзитивна, только если эти следствия индуктивно иррелевантны относительно как свидетельства, так и относительно новой гипотезы.

То, что теорема (IV) является индуктивно ложной, показывает следующее доказательство:

1. $h \vdash k$ (условие (IV)).

2. $(h \cdot \sim k)$ имеет I^{IR} -значение (следует из 1 согласно \mathcal{P} и Д.6).

3. $(h \cdot k)$ имеет I^N -значение

4. $(\sim h \cdot k)$ имеет I^P -значение

5. $(\sim h \cdot \sim k)$ имеет I^N -значение

} допущения.

6. $I^P(k, e)$ (следует из 2, 5, 3, 4 согласно \mathcal{P} и Д.6).

7. $I^N(h, e)$ (следует из 2, 3, 4, 5 согласно \mathcal{P} и Д.6). Шаг 7. представляет отрицание заключения (IV). Модификация:

(IV') Если $h \vdash k$ и $I_h^P(k, e)$, то $I^P(h, e)$ тем не менее является истинной.

Индуктивная ложность (III) и (IV) опровергает утверждение В в чистом виде. Модификации (III') и (IV'), с другой стороны, показывают, что индукция из дедуцированных следствий транзитивна только в случае существенного ограничения индуктивных связей.

Опровержение С.

Теорема (V) является в методологическом плане наиболее дискуссионной. Многие исследователи (Н. Нинилюото, М. Хессе, К. Гемпель) склонны считать ее вполне приемлемым индуктивным принципом. Тем не менее Р. Карнап полагал, что эта теорема индуктивно ложная. Мнение Р. Карнапа подтверждает следующее доказательство:

1. $h \vdash k$ (условие (V)).

2. $(h \cdot \sim k)$ имеет I^{IR} -значение (следует из I согласно \mathcal{P} и Д.6).

3. $(h \cdot k)$ имеет I^P -значение

4. $(\sim h \cdot k)$ имеет I^N -значение

5. $(\sim h \cdot \sim k)$ имеет I^N -значение

} допущения.

6. $IP(h, e)$ (следует из 2, 3, 4, 5 согласно \mathcal{P} и Д. 6).

7. $IN(k, e)$ (следует из 2, 5, 3, 4 согласно \mathcal{P} и Д. 6). Шаг 7 представляет отрицание заключения (V). В отличие от предыдущих теорем теореме (V) нельзя модифицировать таким образом, чтобы получить индуктивно истинный принцип. Ложность (V) опровергает истинность С без каких-либо исключений.

Опровержение D.

Утверждение D интересно тем, что оно описывает ситуацию, в которой индуцированные гипотезы не просто дедуктивно связаны друг с другом, а представляют логически истинные высказывания. Тем не менее логическая истинность не гарантирует индуктивной истинности, что видно из следующего опровержения (VI).

1. $IP(h \supset k, e)$ (условие (VI)).

2. $(h \cdot \sim k)$ имеет IN -значение (следует из 1. согласно \mathcal{P} и Д. 6).

3. $(h \cdot k)$ имеет IP -значение

4. $(\sim h \cdot k)$ имеет IN -значение

5. $(\sim h \cdot \sim k)$ имеет IN -значение

} допущения.

6. $IP(h, e)$ (следует из 4, 5, 2, 3 согласно \mathcal{P} и Д. 6).

7. $IN(k, e)$ (следует из 2, 5, 3, 4 согласно \mathcal{P} и Д. 6). Шаг 7 противоречит заключению (VI) и опровергает тем самым D. Опровержение утверждений $A \div D$ демонстрирует ложность тезиса о транзитивности индукции в самых существенных формах и показывает *принципиальную* нетранзитивность нетривиальной индукции. Исключения составляют три с познавательной точки зрения неинтересные теоремы ((III'), (III''), (IV')), смысл которых сводится к сильному ограничению индуктивной зависимости между посылками, к сближению ее с дедуктивной зависимостью.

Основной вывод, который следует из рассмотренных опровержений, состоит в том, что *любое* сочетание индуктивных и дедуктивных шагов немедленно порождает транзитивность индукции и, следовательно, ее ложность.

Формализация научной программы в данной статье означает определение ее как абстрактной формальной системы SP , такой, что (I) базисный язык \mathcal{L} включает язык логики одноместных предикатов L ;

(II) аксиомами SP являются логические аксиомы языка L , вероятностные аксиомы исчисления \mathcal{P} , нелогические аксиомы \mathcal{L} ;

(III) правилами SP являются правила дедуктивного (логического и вероятностного) и индуктивного вывода из множества I.

Из определения SP следует, что задать научную программу означает: определить логический язык с соответствующей символикой, аксиомами и правилами вывода; определить аксиомы исчисления вероятностей в терминах базисного логического языка; задать нелогические аксиомы и правила индуктивного вывода. Определение логической части \mathcal{L} стандартное, и оно опускается. То же относится и к исчислению вероятностей. Множество правил индуктивного вывода определено выше. Остается задать нелогическую часть \mathcal{L} .

Философско-методологические допущения, принципы, научные теории и эмпирические данные были определены в качестве основных компонентов научной программы. Пусть S обозначает философские аксиомы, T — теоретические аксиомы, E — эмпирические аксиомы. Тогда нелогическая часть SP будет эквивалентна конъюнкции S, T и E . Опуская логическую часть в определении SP , т. е. подразумевая, что она всегда задана, под научной программой будем понимать некоторое множество философских, теоретических и эмпирических высказываний, замкнутое относительно дедукции.

Допустим, что словарь V языка \mathcal{L} научной программы разделен на множество философских терминов V_S , множество теоретических терминов V_T и множество эмпирических терминов V_E таким образом, что $V = V_S \cup V_T \cup V_E$. Допустим далее, что подязык \mathcal{L}_S содержит только V_S -термины, подязык \mathcal{L}_T — только V_T -термины, подязык \mathcal{L}_E — только V_E -термины. Тогда $\mathcal{L} = \mathcal{L}_S \cup \mathcal{L}_T \cup \mathcal{L}_E$.

Интерпретируя S как философское допущение, T как научную теорию и E как эмпирические данные, характеризующие некоторый фрагмент объективной реальности, получаем, что $SP = (S \cdot T \cdot E)$. По определению, SP замкнута относительно дедукции. Следовательно, используя теорему о дедукции, можно свести доказательство E к доказательству T , а доказательство T к доказательству S . Кроме указанной, возможны еще 11 редукций доказательств. Сделаем допущение, что научным значением обладает только первая редукция. Это означает, что если S , T и E единственные нелогические компоненты научной программы, то SP как формальная система упорядочена относительно источника формирования antecedentного смысла своих компонентов. Философское допущение S является таким источником для научной теории T , а теория совместно с S — таким источником по отношению к эмпирическим данным E .

Научная программа может содержать среди своих аксиом допущения как с чисто философскими, теоретическими, так и со смешанными терминами.

Исследование вопроса о том, как именно научная программа устанавливает индуктивную систематизацию, зависит от того, какую роль при этом играют философские принципы и научные теории.

Пусть дан язык \mathcal{L} , словарь V которого содержит множество $\{E_1, E_2\}$ эмпирических предикатов, множество $\{T_1, T_2\}$ теоретических предикатов и множество $\{S\}$, состоящее из одного философского предиката. Все предикаты одноместные. Сделаем три упрощающих допущения: в научной программе действуют только имплицитивные связи; индуктивная систематизация относится только к эмпирическим данным; философский предикат S связан непосредственно только с теоретическими предикатами. При этих допущениях можно определить 16 моделей научных программ: знак « \rightarrow » обозначает имплицитивную связь.

$SP1. E_1 \rightarrow T_1 \rightarrow S \rightarrow T_2 \rightarrow E_2,$

$SP2. E_1 \rightarrow T_1 \rightarrow S \rightarrow T_2 \leftarrow E_2, \dots$

$SP16. E_1 \leftarrow T_1 \leftarrow S \leftarrow T_2 \leftarrow E_2.$

Научная программа $SP1$ содержит следующие аксиомы:

A1. $(x) (E_1x \supset T_1x).$

A2. $(x) (T_1x \supset Sx).$

A3. $(x) (Sx \supset T_2x).$

A4. $(x) (T_2x \supset E_2x).$

Кроме того, из $SP1$ следует чисто эмпирическое обобщение $G1. (x) (E_1x \supset E_2x).$ Обобщение $G1$ свидетельствует о том, что $SP1$ устанавливает между E_1 и E_2 прежде всего дедуктивную систематизацию.

Используя истинные индуктивные принципы

(VII) Если $E \vdash H$, то $I^P(H, E)$ и

(VIII) Если $I^P(H, E)$, то $I^P(E, H)$, то легко показать, что $SP1$ устанавливает и индуктивную систематизацию между E_1 и E_2 . S и T_1, T_2 при установлении индуктивной систематизации научной программой $SP1$ выполняют роль обычных логических посылок, обеспечивающих дедуктивную связь E_1 с E_2 . Таким образом, данный вид индуктивной систематизации имеет место только тогда, когда уже установлена дедуктивная систематизация.

Характерные черты такого вида индуктивной систематизации следующие. Во-первых, класс индуктивных следствий некоторой научной программы эквивалентен классу дедуктивных следствий этой программы. Индукция в самом строгом смысле становится «операцией, обратной дедукции» (Ст. Джевонс). Во-вторых, философские и теоретические термины участвуют в этом виде в качестве только логических посылок. Специфика, особенности философского и теоретического знания при этом никак не учитываются. На место S, T_1, T_2 можно подставить любые другие переменные. В-третьих, что является развитием второго следствия, установление индуктивной и дедуктивной систематизации в такого вида научных программах возможно без философских и теоретических предикатов, т. е. только с помощью эмпирической подпрограммы.

Данный вид индуктивной систематизации, очевидно, лишен серьезного познавательного интереса в тех ситуациях, в которых изучается особая роль функции философской и теоретической информации в научных процедурах. $SP16$ аналогична во всех отношениях, как легко заметить, $SP1$.

Второй вид индуцируемости имеет место тогда, когда рассматриваются модели начиная с $SP2$ и по $SP15$ включительно. В этих случаях невозможна чисто дедуктивная связь E_1 и E_2 , но зато возможна некоторая комбинация дедуктивных и индуктивных шагов. Рассмотрим, например, $CP6$ со следующими постулатами:

A1. $(x) (E_1x \supset T_1x)$.

A2. $(x) (Sx \supset T_1x)$.

A3. $(x) (Sx \supset T_2x)$.

A4. $(x) (E_2x \supset T_2x)$.

SP6 не имеет дедуктивных эмпирических следствий, т. е. не устанавливает дедуктивную систематизацию между E_1 и E_2 . Но SP6 может тем не менее «связать» E_1 и E_2 индуктивно посредством следующих шагов:

(1) дедукции T_1a из E_1a ,

(2) индукции Sa из T_1a ,

(3) дедукции T_2a из Sa ,

(4) индукции E_2a из T_2a .

Можно ли признать такой вид индуктивной систематизации правоммерным? Ответ на этот вопрос существенно зависит от того, принимается или нет индукция, состоящая из последовательности индуктивных и дедуктивных шагов. Как было показано выше, отношение индуцируемости согласно Д.6 транзитивно при любом сочетании дедуктивных и индуктивных шагов. Помимо транзитивности индукции, рассматриваемый вид индуктивной систематизации неудовлетворителен и в другом отношении: философские и теоретические термины (как и в первом виде индуктивной систематизации) функционируют в виде обычных логических посылок. Рассмотренный вид индуктивной систематизации с целью защиты тезиса о необходимости теорий в индуктивных процедурах предложил К. Гемпель. Неадекватность этого вида индуктивной систематизации для защиты указанного тезиса была показана, как отмечалось, И. Нинилюото и Р. Туомелой.

Познавательная ограниченность рассмотренных видов индуктивной систематизации не означает отсутствие возможности определения удовлетворительной индуктивной систематизации. Такая возможность открывается, когда рассматривается «прямая» индуцируемость какой-либо гипотезы на основании конъюнкции всех основных посылок. Идею такого вида систематизации можно найти у А. Айера при определении им «слабого» критерия верифицируемости [9, гл. 1]. Р. Карнап использовал этот принцип при определении критерия эмпирической значимости теоретических терминов [11]. В 70-е годы идея «прямой» индуцируемости и дедуцируемости получила широкое распространение при исследовании самых разнообразных вопросов научной систематизации [12, 19; 21; 22; 24; 26].

Для большей ясности определим вначале понятие дедуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой в «прямом» смысле.

Д.10. Научная программа SP дедуктивно систематизирует эмпирические данные, если, и только если

а) $SP \vdash H$

б) $E \nvdash H$

$$c) T \vdash H$$

$$d) S \vdash H, \text{ где } SP = (S \cdot T \cdot E) \text{ и } E, H \in \mathcal{L}_E.$$

Согласно данному определению H дедуцируется всей научной программой, т. е. конъюнкцией $(S \cdot T \cdot E)$, но не дедуцируется ни одним из ее факторов (философским принципом S , теорией T , эмпирическими данными E) в отдельности. Такая «прямая» дедукция позволяет продемонстрировать необходимость S и T при установлении научной программой между E и H дедуктивной систематизации. Чтобы увидеть это, достаточно переписать условие $(S \cdot T \cdot E) \vdash H$ в $(S \cdot T) \vdash (E \supset H)$ и $S \vdash T \supset (E \supset H)$. Импликации $(E \supset H)$ и $T \supset (E \supset H)$ дедуцируются из $(S \cdot T)$ и S соответственно. Это равносильно утверждению, что истинность импликации $(E \supset H)$ обусловлена истинностью конъюнкции философского принципа S и теории T , а также равносильно утверждению, что истинность импликации $T \supset (E \supset H)$ обусловлена истинностью философского принципа S . Данные утверждения являются переформулировкой ранее сделанных утверждений о том, что философское знание выступает основным источником апостериорного смысла теоретических терминов, а теории — основным источником апостериорного смысла эмпирических данных.

Из определения Д. 10 следует, что теоремы $(E \supset H)$, $(T \supset H)$ и $(S \supset H)$ не могут быть ни логически истинными (иначе Д.9 превратилось бы в определение логически истинной систематизации), ни логически ложными (иначе допущение S оказалось бы логически ложным допущением).

Сказанное позволяет заключить, что согласно Д. 10 истинность всех дедуктивных следствий (теорем) научной программы SP обусловлена истинностью философского принципа S . Это заключение полностью соответствует диалектико-материалистическому положению о том, что философия представляет высший уровень систематизации, что каждая научная теория, и тем более научная программа, базируется на определенных философских принципах и допущениях. Этот вывод верен и для индуктивной систематизации.

Д.11. Научная программа SP индуктивно систематизирует эмпирические данные (относительно отношения индуцируемости, определенного согласно Д.6), если, и только если

$$a) I^P(H, SP),$$

$$b) I^N(H, T \cdot E) \text{ или } I^{IR}(H, T \cdot E).$$

$$c) I^N(H, S \cdot E) \text{ или } I^{IR}(H, S \cdot E).$$

$$d) I^N(H, E) \text{ или } I^{IR}(H, E).$$

$$e) SP \not\vdash H, \text{ где } SP = (S \cdot T \cdot E) \text{ и } E, H \in \mathcal{L}_E.$$

Согласно Д.11 H индуцируется позитивно всей научной программой, но индуцируется негативно или иррелевантно при отсутствии хотя бы одного из основных факторов. Условия б), в) указывают на необходимость философского принципа S и теории

соответственно при установлении индуктивной систематизации. Условие d) дополнительно указывает на необходимость присутствия конъюнкции $(S \cdot T)$ при установлении индуктивной связи между E и H . Введение этого условия объясняется тем, что в виду нетранзитивности индукции влияние S и T в отдельности на индуцируемость H может быть не эквивалентно влиянию их конъюнкции на индуцируемость H ³. Условие e) отделяет индуктивную систематизацию в собственном смысле от (тривиального) случая установления индуктивной систематизации на основе дедуктивной.

Формулировка Д.11 определения индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой, является очень общей. Условие а) этого определения допускает несколько альтернативных интерпретаций. Перечислим их.

а1. H позитивно индуцируется всей научной программой, т. е. на основании $(S \cdot T \cdot E) - I^P(H, S \cdot T \cdot E)$.

а2. H позитивно индуцируется на основании $(T \cdot E)$ относительно $S - I_S^P(H, T \cdot E)$.

а3. H позитивно индуцируется на основании $(S \cdot E)$ относительно $T - I_T^P(H, S \cdot E)$.

а4. H позитивно индуцируется на основании E относительно $(S \cdot T) - I_{S \cdot T}^P(H, E)$.

а5. Позитивная индуцируемость H на основании E дедуктивно следует из $(S \cdot T) - (S \cdot T) \vdash I^P(H, E)$.

а6. Позитивная индуцируемость H на основании $(T \cdot E)$ дедуктивно следует из $S - S \vdash I^P(H, T \cdot E)$.

а7. Позитивная индуцируемость H на основании E и относительно T дедуктивно следует из $S - S \vdash I_T^P(H, E)$.

а8. Позитивная индуцируемость H на основании E и относительно S дедуктивно следует из $T - T \vdash I_S^P(H, E)$.

а9. Позитивная индуцируемость H на основании $(S \cdot E)$ дедуктивно следует из $T - T \vdash I^P(H, S \cdot E)$. Допуская, что эмпирическое свидетельство E может быть основным допущением при индуцируемости гипотезы H также, как и философский принцип S и теория T , получаем дополнительно следующие варианты.

а10. H позитивно индуцируется на основании $(S \cdot T)$ относительно $E - I_E^P(H, S \cdot T)$.

а11. H позитивно индуцируется на основании T относительно $(S \cdot E) - I_{S \cdot E}^P(H, T)$.

а12. H позитивно индуцируется на основании S и относительно $(T \cdot E) - I_{T \cdot E}^P(H, S)$.

а13. Позитивная индуцируемость H на основании T и относительно E дедуктивно следует из $S - S \vdash I_E^P(H, T)$.

³ Может иметь место следующая ситуация: S и T в отдельности негативно (\nvdash esp. позитивно) индуцируют H , а их конъюнкция позитивно (\vdash esp. негативно) индуцирует H . Р. Карнап был первым, кто пытался объяснить такие ситуации (см.: [10, гл. 6]).

а14. Позитивная индуцируемость H на основании S и относительно E дедуктивно следует из $T - T \vdash I_E^P(H, S)$.

Различие между указанными альтернативными интерпретациями становится более ясным, если их переписать в вероятностных терминах в соответствии с Д.6.

- а1. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H)$.
- а2. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/S)$.
- а3. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/T)$.
- а4. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/S \cdot T)$.
- а5. $(S \cdot T) \vdash P(H/E) > P(H)$.
- а6. $S \vdash P(H/T \cdot E) > P(H)$.
- а7. $S \vdash P(H/T \cdot E) > P(H/T)$.
- а8. $T \vdash P(H/S \cdot E) > P(H/S)$.
- а9. $T \vdash P(H/S \cdot E) > P(H)$.
- а10. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/E)$.
- а11. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/S \cdot E)$.
- а12. $P(H/S \cdot T \cdot E) > P(H/T \cdot E)$.
- а13. $S \vdash P(H/T \cdot E) > P(H/E)$.
- а14. $T \vdash P(H/S \cdot E) > P(H/E)$.

Интерпретация а1 описывает генеральный случай индуцируемости H всей научной программой. Интерпретации а2 ÷ а4 и а10 ÷ а12 описывают ситуации, в которых S, T, E ($S \cdot T$), ($S \cdot E$), ($T \cdot E$) выступают основными индуктивными допущениями, в свете которых индуцируется H . Интерпретации а5 ÷ а9 и а13, а14 описывают ситуации, в которых S, T и ($S \cdot T$) выступают основными дедуктивными допущениями при индуцировании H . Эти ситуации имеют место тогда, когда S и T формулируются с помощью аксиом в вероятностной форме.

На основе указанных интерпретаций получаем четырнадцать альтернативных определений индуктивной систематизации, устанавливаемой научной программой. Для этого необходимо вместо условия а) в Д. 11 подставить одну из интерпретаций и изменить соответствующим образом остальные условия. Принимая во внимание, что Д.11 является генеральным определением индуктивной систематизации, его конкретные модификации имеют следующий (сокращенный) вид:

- Д.11—2. а) $I_S^P(H, T \cdot E)$.
 б) $I_S^N(H, T \cdot E)$ или $I_S^{IR}(H, T \cdot E)$.
 в) $I_S^N(H, E)$ или $I_S^{IR}(H, E)$.
 г) $SP \nvdash H$.

- Д.11—3. а) $I_T^P(H, S \cdot E)$.
 б) $I_T^N(H, S \cdot E)$ или $I_T^{IR}(H, S \cdot E)$.
 в) $I_T^N(H, E)$ или $I_T^{IR}(H, E)$.
 г) $SP \nvdash H$.

- Д.11—4. а) $I_{S \cdot T}^P (H, E)$.
 б) $I_S^N (H, E)$ или $I_S^{IR} (H, E)$.
 в) $I_T^N (H, E)$ или $I_T^{IR} (H, E)$.
 г) $I^N (H, E)$ или $I^{IR} (H, E)$.
 е) $SP \nvdash H$.
- Д.11—5. а) $(S \cdot T) \vdash I^P (H, E)$.
 б) $S \nvdash I^P (H, E)$.
 в) $T \nvdash I^P (H, E)$.
 г) $\nvdash I^P (H, E)$.
 е) $SP \nvdash H$.
- Д.11—6. а) $S \vdash I^P (H, T \cdot E)$.
 б) $S \nvdash I^P (H, E)$.
 в) $\nvdash I^P (H, T \cdot E)$.
 г) $SP \nvdash H$.
- Д.11—7. а) $S \vdash I_T^P (H, E)$.
 б) $S \nvdash I^P (H, E)$.
 в) $\nvdash I_T^P (H, E)$.
 г) $SP \nvdash H$.
- Д.11—8. а) $T \vdash I_S^P (H, E)$.
 б) $T \nvdash I^P (H, E)$.
 в) $\nvdash I_S^P (H, E)$.
 г) $SP \nvdash H$.
- Д.11—9. а) $T \vdash I^P (H, S \cdot E)$.
 б) $T \nvdash I^P (H, E)$.
 в) $\nvdash I^P (H, S \cdot E)$.
 г) $SP \nvdash H$.
- Д.11—10. а) $I_E^P (H, S \cdot T)$.
 б) $I^N (H, S \cdot T)$ или $I^{IR} (H, S \cdot T)$.
 в) $I_E^N (H, S)$ или $I_E^{IR} (H, S)$.
 г) $I_E^N (H, T)$ или $I_E^{IR} (H, T)$.
 е) $SP \nvdash H$.
- Д.11—11. а) $I_{S \cdot E}^P (H, T)$.
 б) $I_S^N (H, T)$ или $I_S^{IR} (H, T)$.
 в) $I_E^N (H, T)$ или $I_E^{IR} (H, T)$.
 г) $I^N (H, T)$ или $I^{IR} (H, T)$.
 е) $SP \nvdash H$.
- Д.11—12. а) $I_{T \cdot E}^P (H, S)$.
 б) $I_T^N (H, S)$ или $I_T^{IR} (H, S)$.

c) $I_E^N (H, S)$ или $I_E^{IR} (H, S)$.

d) $I^N (H, S)$ или $I^{IR} (H, S)$.

e) $SP \nvdash H$

Д.11—13. a) $S \vdash I_E^P (H, T)$.

b) $S \nvdash I^P (H, T)$.

c) $\nvdash I_E^P (H, T)$.

d) $SP \nvdash H$.

Д.11—14. a) $T \vdash I_E^P (H, S)$.

b) $T \nvdash I^P (H, S)$.

c) $\nvdash I_E^P (H, S)$.

d) $SP \nvdash H$.

Структура приведенных определений индуктивной систематизации достаточно прозрачна. Необходимость того или иного фактора научной программы для установления индуктивной систематизации в позитивном смысле подчеркивается негативной или прелевантной индуцируемостью гипотезы H без данного фактора. В тех определениях, где индуцируемость обуславливается дедуктивно, дополнительно вводится требование логической неистинности отношения индуцируемости.

Определения Д.11—10 ÷ Д.11—14 демонстрируют возможность изучения индуктивной систематизации не только среди эмпирических, но также теоретических и философских данных. В этих определениях индуцируемая гипотеза H может иметь и теоретический, и философский характер.

В самом общем случае необходимость философских принципов, допущений при установлении научной систематизации означает, что они не могут быть заменены в функциональном плане ни множеством эмпирических, ни множеством теоретических следствий научной программы, в которую они входят. С диалектико-материалистической точки зрения философское знание является необходимой предпосылкой всякого научного исследования.

Встает вопрос: можно ли и на логическом уровне анализа отразить необходимость философского знания при установлении индуктивной систематизации некоторой научной программой? Ниже будет сформулирован критерий такой необходимости.

Относительно необходимости теоретического знания в научных процедурах проблема уже положительно решена [15; 16; 22; 24; 26]. Рассмотрим вопрос о необходимости философского знания.

Пусть I_S^E обозначает множество индуктивных эмпирических теорем (следствий) некоторого философского утверждения S : $I_S^E =_{df} \{H \in \mathcal{L}_E / I^P (H, S), S \nvdash H, I^{IR} (H, t)\}$, где t — произвольная тавтология из \mathcal{L}_E . Множество I_S^E , таким образом, характеризует множество эмпирических индуктивных следствий S .

Определим по аналогии с I_S^E множество теоретических индуктивных следствий S :

$I_S^T =_{df} \{K \in \mathcal{L}_T \mid I^P(K, S), S \vdash K, I^{IR}(K, t)\}$, где t — произвольная тавтология из \mathcal{L}_T .

Непосредственность философского знания в индуктивной систематизации тогда означает, что философский принцип S функционально эквивалентен (относительно некоторой научной программы SP и отношения индуцируемости, определенного в ней) множеству I_S^E или множеству I_S^T , а может быть, обоим множествам сразу. Другими словами, непосредственность философских допущений при установлении индуктивной систематизации предполагает истинность по крайней мере одной из следующих теорем:

$$(IX) \quad I^P(H, SP) \leftrightarrow I^P(H, I_S^E \cup \{T\} \cup \{E\}),$$

$$(X) \quad I^P(K, SP) \leftrightarrow I^P(K, I_S^T \cup \{T\} \cup \{E\}).$$

Однако (IX) и (X) — индуктивно ложные теоремы, поскольку допускают транзитивность индукции. Множества I_S^E и I_S^T были индуцированы из S , следовательно, новая индукция с их участием некорректна. Это означает, что индуктивные следствия индуцированных множеств I_S^E и I_S^T не обязаны быть индуктивными следствиями S .

Таким образом, необходимость философского знания в установлении индуктивной систематизации основывается на фундаментальном свойстве (нетривиальной) индукции — ее нетранзитивности.

Сказанное можно суммировать в следующем определении Д13. Философское допущение S индуктивно необходимо для установления какой-либо научной программой SP индуктивной систематизации эмпирических данных, если, и только если (а) S выступает либо одним из основных факторов SP (наряду с теорией T и эмпирическими данными E), либо основным индуктивным допущением, либо одним из основных дедуктивных допущений при установлении SP индуктивной систематизации; (б) никакое подмножество следствий S не обеспечивает для SP , по крайней мере, такой же индуктивной систематизации эмпирических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20
2. Бранский В. П. Философские основания проблемы синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973.
3. Гайденок П. П. Эволюция понятия науки. М., 1980.
4. Грязнов Б. С., Садовский В. Н. Проблема структуры и развития науки в «Бостонских исследованиях по философии науки»: (Вступ. ст.) // Структура и развитие науки. М., 1978.
5. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
6. Мамчур Е. А. Проблема соизмеримости теорий // Физическая теория. М., 1980.
7. Ракумов А. И. Философские проблемы науки. М., 1977.
8. Achinstein P. Concepts of evidence // Mind. 1978. Vol. 87, N 345.
9. Ayer J. Language, truth and logic. L., 1936.
10. Carnap R. Logical foundations of probability. Chicago, 1950.

1. *Carnap R.* The methodological character of theoretical concepts // Minnesota studies in the philosophy of science. Minneapolis, 1956. Vol. 1.
2. *Cornman W.* Craig's theorem, Ramsey — sentences, and scientific instrumentalism // *Synthese*. 1972. Vol. 25, N 1.
3. *Hempel C. G.* The theoretician's dilemma: A study in the logic of theory construction // Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science. N. Y., 1965.
4. *Hesse M.* The structure of scientific inference. L., 1974.
5. *Hintikka K. J.* On the different ingredients of an empirical theories // Logic, methodology, and philosophy of science. IV: Proc. Intern. Congr. 1971. Amsterdam, 1973.
6. *Hintikka K. J., Tuomela R.* Towards a general theory of auxiliary concepts and definability in first-order theories // Information and inference. Dordrecht, 1970.
7. *Kaufman S. A.* The preservation of epistemic systematization within the extended Craigian programme // *Synthese*. 1974. Vol. 18.
8. *Kyburg H.* An interpolation theorem for the inductive relations // *J. Philos.* 1978. Vol. 75, N 2.
9. *Lakatos I.* Falsification and the methodology of scientific research programmes // Criticism and the growth of knowledge. Cambridge, 1970.
10. *Ledley R., Lusted L.* Reasoning foundations of medical diagnosis // *Science*. 1959. Vol. 130.
11. *Lehrer K.* Theoretical terms and inductive inference // *Amer. Philos. Quart. Monogr. Ser. Stud. Philos. Sci.* 1969. N 3.
12. *Niiniluoto I.* Inductive systematization: Definition and critical survey // *Synthese*. 1972. Vol. 25.
13. *Niiniluoto I.* Inducibility and epistemic systematization: Rejoinder to Kaufman // *Ibid.* 1974. Vol. 28.
14. *Niiniluoto I., Tuomela R.* Theoretical concepts and inductive inference. Dordrecht. 1973.
15. *Salmon W.* Consistency, transitivity and inductive support // *Ratio*. 1965. Vol. 7.
16. *Tuomela R.* Theoretical concepts. N. Y., 1973.

E. A. MAMCHUR

Попытки построить индуктивную логику подтверждения, принятые в свое время логическими позитивистами, столкнулись, как известно, с непреодолимыми трудностями. Наиболее существенная из них состоит в наличии естественных границ эмпирического критерия приятия и отбора теорий. Обнаружилось, в частности, что в научном познании весьма распространенными являются ситуации, когда различные теоретические концепции, выдвигаемые для объяснения одного и того же множества фактов, оказываются в равной мере совместимы с этими фактами. Возможность существования эмпирически эквивалентных теорий потребовала модификации методологической модели процедуры выбора теорий и учета ряда дополнительных псеэмпирических критериев, использующихся в научном познании при сравнении

конкурирующих теоретических систем. В связи с тем, что в научном познании в качестве такого критерия используется сравнительная простота, на повестку дня встала проблема так называемой индуктивной простоты. Речь шла о разработке концепции простоты как критерия выбора теорий, способного обеспечить отбор адекватной теоретической концепции, т. е. стать средством усовершенствования «индуктивной машины» подтверждения.

Однако поиски такого критерия оказались безуспешными. Да это и неудивительно: сложный многоплановый характер процесса принятия и подтверждения теорий исключает возможность формулировки каких-либо методологических нормативов, способных сыграть роль алгоритма оценки теорий. В ходе разработки концепций индуктивной простоты становилось все более очевидно, что простота так же как и любой другой методологический критерий, не может гарантировать истины. Ее функция в познании состоит лишь в том, чтобы наряду с эмпирическим критерием и другими методологическими соображениями вносить вклад в поиски истины.

Несмотря на то что надежды, возлагавшиеся на критерий индуктивной простоты, оказались в целом нереализованными, в ходе разработки проблемы был выдвинут ряд интересных концепций, в которых нашли свое отражение и экспликацию использующиеся в реальной научной практике — на разных уровнях познавательного процесса и в разные исторические периоды развития научного познания — критерии выбора между конкурирующими теориями [19, с. 391—408]; [17; 21; 23, с. 32—39]. В связи с тем что эти концепции уже анализировались в нашей литературе [8; 9; 7; 11], мы не будем останавливаться на них в данной работе. Дальнейшее изложение будет посвящено анализу одной идеи, касающейся критерия простоты, которая представляется плодотворной, а именно предположению о связи эвристической простоты с информативностью гипотез и теорий. Речь идет о попытках найти основание эвристического характера простоты в большей информативности более простых гипотез. Рассмотрим две концепции такого рода. Одна из них принадлежит известному австрийскому философу и логiku К. Попперу, другая — одному из представителей современной англо-американской философии науки — Э. Собиру.

К. Поппер определяет простоту и информативность гипотез через понятие фальсифицируемости [20, гл. IV, VI]. Гипотеза считается фальсифицируемой, если класс ее потенциальных фальсификаторов не пуст, т. е. существует по крайней мере один не пустой класс базисных предложений, запрещаемых этой гипотезой. Чем шире класс потенциальных фальсификаторов теории, тем в большей степени она фальсифицируема и тем больше, считает К. Поппер, «говорит о мире опыта», имея более высокое эмпирическое содержание. Вместе с тем К. Поппер утверждает, что гипотезы, упорядоченные по фальсифицируемости, будут

упорядочены и по степени простоты. При этом рассматриваются две различные ситуации.

1) Класс потенциальных фальсификаторов одной теории включает в себя в качестве подкласса класс потенциальных фальсификаторов другой. В этом случае, как полагает К. Поппер, сравнение степени фальсифицируемости теорий и их простоты не вызывает затруднений. Пусть даны две гипотезы: а) «Все небесные тела имеют круговые орбиты»; б) «Все планеты имеют круговые орбиты».

Гипотеза а фальсифицируема в более высокой степени по сравнению с б: фальсификация а влечет за собой фальсификацию б, но не наоборот. Вместе с тем а и более информативна — больше говорит о мире опыта, запрещая более широкий класс базисных утверждений, — и более проста, так как ее применение требует меньшей (по сравнению со второй гипотезой) спецификации описываемых объектов.

2) Отношения включения между гипотезами не существует. Для этого случая предлагается другой метод сравнительной оценки степени фальсифицируемости и простоты. Вводится понятие характеристического числа гипотез и теорий — d (от английского «*dimension*»). d — число измерений, наблюдений и вообще каких-либо фиксаций положений дел в поле приложения теории, которые еще не могут фальсифицировать теорию, тогда как $d + 1$ уже фальсифицируют ее. Чем меньше d , тем более строго ограничен класс разрешаемых теорий утверждений и тем выше степень ее фальсифицируемости [20, с. 126—135].

Например, в некоторых случаях гипотеза может быть представлена в виде кривой на плоскости. В этом случае d гипотезы может быть определено через число точек, необходимых и достаточных для того, чтобы единственным образом специфицировать частную кривую этого класса. Для задания простейшего вида кривых — прямой, необходимо указать две точки на плоскости, через которые она проходит, в связи с чем d прямой равно двум. d окружности равно трем, так как для ее спецификации необходимо три точки: эллипса — пяти и т. д. Гипотезу, согласно которой закономерность может быть выражена прямой, легче фальсифицировать по сравнению с гипотезой, согласно которой она выражена окружностью или эллипсом: для опровержения первой необходимо минимум три наблюдения; второй — четыре; третьей — шесть. Вместе с тем интуитивно вполне приемлемо утверждение, что прямая проще окружности, а окружность проще эллипса ¹.

¹ Среди исследователей категорий простоты и сложности распространенным является мнение, согласно которому в основе всех разновидностей сложности материальных и идеальных систем лежит разнообразие элементов (связей, функций и т. п.), с одной стороны, и их абсолютное число — с другой. С этой точки зрения прямая, уравнение которой $Y = Kx + b$, проще окружности $x^2 + y^2 = a^2$ хотя бы в отношении абсолютного значения степени переменных.

Иллюстрируя эвристический характер своего правила, К. Поппер утверждает, что Кеплер был прав, начав с гипотезы, согласно которой планеты движутся по кругам: ее легче фальсифицировать по сравнению с гипотезой, согласно которой планеты движутся по эллипсам. Негативный результат Кеплера был, с точки зрения К. Поппера, первым действительно важным успехом в познании законов движения планет. Простые гипотезы являются в высокой степени желательными для науки, утверждает К. Поппер, потому что они *«говорят нам больше; их эмпирическое содержание выше; и они лучше испытываемы»* [20, р. 142].

Концепция К. Поппера в том ее аспекте, где она претендует на реконструкцию роста научного знания, подвергалась обоснованной критике. Указывалось, в частности, на то, что понимание фальсифицируемости как желательного свойства теорий не отражает реального процесса оценки результатов теоретической деятельности. Критерий К. Поппера, годный для оценки простых утверждений, типа «все лебеди белые» (которые действительно могут быть опровергнуты единственным наблюдением) оказывается непригодным для развития научных теорий, процесс опровержения которых значительно более сложен. С точки зрения рассматриваемой концепции такая теория, как электродинамика Лоренца, для сохранения которой использовались различные модификации, должна рассматриваться как ненаучная, хотя она занимает прочное и законное место в системе научного знания, оказываясь в определенных границах справедливой.

Более того, рассматриваемая концепция не всегда оправдывается даже для простых языков, с которыми оперирует К. Поппер. Указывалось, в частности, что не во всех случаях гипотезы, упорядоченные по простоте, будут упорядочены и по степени фальсифицируемости [22]. Пусть даны две гипотезы, выраженные в форме функциональной зависимости:

$$y = 1,5x + 2,$$

$$y = 1,5x + 2 + x^2.$$

Обе гипотезы фальсифицируемы в одинаковой степени — их можно опровергнуть единственным наблюдением, поэтому, согласно К. Попперу, они должны быть одинаково просты. Однако интуитивно первая гипотеза представляется более простой. Отмечалось также, что не всегда большая простота гипотез совпадает с их большей информативностью. Известен контрпример Н. Гудмана: гипотеза «Все X есть Y » менее информативна и менее фальсифицируема по сравнению с гипотезой «Все X и Y являются Z »; по концепции Поппера она должна быть сложнее второй, что противоречит интуитивным представлениям о простоте математических уравнений [18].

Концепция К. Поппера действительно не лишена внутренних слабостей и противоречий. Однако хотелось бы обратить внимание на другое: в этой концепции нашли отражение некоторые важные особенности теоретических утверждений и теорий, которые

близки к распространенным в научном познании представлениям об информативности и дают теоретическим системам определенные преимущества в глазах естествоиспытателей. Речь идет о синтетичности (фактуальности) теоретических утверждений как свойстве, противоположном тавтологичности, и о новизне, неожиданности этих утверждений. Тавтологические утверждения (к которым К. Поппер ошибочно относил и аналитические положения науки) действительно обладают нулевой фальсифицируемостью — они являются логически истинными и не несут в себе новой информации. В этом же смысле можно истолковать и на первый взгляд парадоксальное положение К. Поппера о том, что наука не заинтересована в утверждениях и гипотезах, обладающих высокой степенью вероятности: вероятность тавтологических утверждений равна 1.

Бросается в глаза близость многих идей концепции К. Поппера к доказавшей свою плодотворность по крайней мере для простых языковых систем концепции Карнапа и Бар-Хиллела. И в этой близости в общем-то нет ничего удивительного: концепция информации Карнапа и Бар-Хиллела является в какой-то мере обобщением идей, уже высказанных ко времени ее появления многими математиками и логиками; в числе работ, на которые опирались эти авторы, были, по всей видимости, и работы К. Поппера. Понятие количества информации в концепции Карнапа и Бар-Хиллела имеет два экспликата: меру содержания (предложения i) — $cont(i)$ и меру информации — $inf(i)$. Первый из них отражает субстанциональное содержание семантической информации, второй — меру ее неожиданности. При этом один из экспликатов, а именно $cont(i)$, определяется как класс описаний состояния, исключаемых предложением i [16, с. 147—157].

Может возникнуть вопрос: почему именно исключаемых? На первый взгляд, выдвижение на передний план запретительной функции закона и теории противоречит интуитивным представлениям об информативности теории. Тем не менее, в рассматриваемом истолковании информативности есть глубокий рациональный смысл: под способностью теории запрещать возможно большее число базисных предложений имеется в виду заложенная в ее содержании возможность отвергать логически вероятные, но физически нереализуемые состояния. Связь этой функции теории с интуитивными приемлемыми представлениями о ее информативности и простоте не вызывает сомнений.

Рассматриваемый аспект концепции Поппера близок к понятию научной информации Л. Бриллюэна (особенно к тем положениям концепции Л. Бриллюэна, в которых он отождествляет открытие закона с введением ограничений в сферу ожидаемых событий) [1; 2], а также к тем идеям У. Эшби, в которых информация трактуется как ограничение разнообразия [15]. Важность для науки именно таким образом истолковываемой ограничительной функции теории подчеркнул в своей побелевской лекции известный физик С. Вайнберг. Обращая внимание на эвристическую функ-

цию требований перенормируемости в качестве ограничителя разнообразия возможных физических теорий, он утверждал: «В конце концов ограничения такого типа мы и хотим найти. Важны не математические методы, которые помогут прийти нам к осмысленному результату, а методы, которые несут с собой ограничения, потому что именно эти ограничения могут указать нам путь к единственно верной теории» [3, с. 205].

Рассматриваемый аспект научного знания становится особенно заметным в современной физике в связи с ростом значения законов сохранения, являющихся «подлинными законами запрета» [14, с. 112]. В физике элементарных частиц доказал свою плодотворность принцип, согласно которому в мире элементарных частиц может происходить все то, что не противоречит законам сохранения. И хотя каждый отдельный закон сохранения накладывает на возможное поведение элементарных частиц не такие жесткие ограничения, как законы «дозволения» (по удачному выражению К. Форда, первые более «демократичны»), в совокупности законы сохранения по отношению к априорно возможным особенностям поведения систем оказываются весьма жесткими ограничителями. И рост их числа в современной физике указывает на тенденцию роста информативности научного знания в смысле Поппера, Карнапа и Бар-Хиллела.

Обратимся к рассмотрению второй концепции [24]. Э. Собер ассоциирует информативность гипотезы и ее простоту с количеством добавочной (экстра) информации, которая «необходима гипотезе» для ответа на определенный вопрос. Чем больше добавочной информации требуется для того, чтобы посредством данной гипотезы ответить на поставленный вопрос, тем она менее информативна по отношению к этому вопросу и тем менее проста. В концепции Э. Собера, так же как и в концепции Поппера (Карнапа и Бар-Хиллела), обращается внимание на высокую информативность «запретительных» гипотез. При этом Э. Собер фиксирует внимание на связанных с запретительными гипотезами прагматических преимуществах. Он стремится учесть существующее в науке со времен Бэкона убеждение в «большей силе отрицательного довода». В его концепции информативность «отрицающих» гипотез выше информативности «дозволяющих», поскольку гипотезы, запрещающие тот или иной класс событий, требуют для ответа на вопрос (относительно этого класса) меньше добавочной информации. Вместе с тем отрицающие гипотезы и более просты. Собер сравнивает гипотезы типа

$$(x) (F x \supset G x), \quad (1)$$

т. е. для всех x справедливо, что если x обладает свойством F , то x обладает и свойством G , и гипотезы типа

$$(x) (\sim G x), \quad (2)$$

т. е. для всех x неверно, что x обладает G .

Предположим, требуется ответить на вопрос, обладает ли индивидная переменная a , принадлежащая множеству x , свойством G . Этот вопрос может быть представлен в виде ряда, каждый член которого является альтернативным ответом на этот вопрос (Ga ; $\sim Ga$), т. е. a обладает G ; a не обладает G . Гипотеза типа (1) дает возможность ответить на вопрос, но для ответа необходимо обратиться к опыту, чтобы узнать, обладает ли a свойством F . Если да, т. е. Fa , ответ может быть дан в форме

$$[Fa \wedge (x) (Fx \supset Gx)] \rightarrow Ga,$$

т. е. если a обладает F и верно, что для всех x , если x обладает F , то x обладает и G , то отсюда следует, что a обладает G . В то же время гипотеза (2) дает возможность ответить на вопрос без какой-либо добавочной информации, так как из нее непосредственно следует $\sim Ga$, т. е. неверно, что a обладает G . Таким образом, информативность гипотезы (2), по Э. Соберу, выше информативности (1), и гипотеза (2) проще [24, р. 23].

В концепции Э. Собера в отличие от попперовской концепции информативность законов сохранения выше, чем законов изменения. Как уже отмечалось, в концепции К. Поппера информативность каждого отдельного закона сохранения ниже, чем закона «дозволения», являющегося по своему типу законом изменения (первый более «демократичен»), что противоречит в какой-то степени интуитивным представлениям о высокой информативности и простоте законов сохранения. У Э. Собера большая информативность и простота законов сохранения получаются вполне естественно: законы сохранения требуют меньше добавочной информации по сравнению с законами изменения для ответа на один и тот же вопрос ².

Э. Собер отмечает далее, что гипотезы типа (1) в свою очередь информативнее и проще гипотез, использующих добавочные начальные условия ³. Эта часть его концепции представляет наибольший интерес для методологии научного познания, поскольку отражает очень важную тенденцию, существующую в науке. Речь идет о стремлении так формулировать законы, чтобы по возможности сократить число начальных условий, необходимых для описания поведения физических систем. Под начальными условиями при этом понимаются те параметры системы или окру-

² Чтобы не углубляться слишком далеко в «дебри» формальных выкладок Собера, рассмотрим простой пример. Пусть есть гипотезы H_1 и H_2 . H_1 : « $y = C$ »; H_2 : « $y = C$, если $x < b$ и $y = C^1$, если $x \geq b$ ». Для ответа на вопрос, какое значение имеет y в $x = a$, первой гипотезе не требуется никакой добавочной информации, тогда как второй нужно «знать», является ли $a < b$ или $a \geq b$. Но H_1 соответствует закону сохранения.

³ Так, гипотеза (x) (изумруд $x \supset$ зеленый x), т. е. для всех x справедливо, что если x — изумруд, то x — зеленый, информативнее гипотезы, в которой предполагается, что изумруд в момент времени t меняет свой цвет. Эта последняя гипотеза имеет форму $(x) (\text{изумруд } x \supset \text{зеленый } x \wedge T(x) < t) \vee \vee (\text{голубой } x \wedge T(x) \geq t)$, т. е. для всех x , если x — изумруд, то он является зеленым в промежуток времени меньший t и голубым в любой момент времени $\geq t$.

жения, которые необходимы для определения поведения систем, но не находят своего отражения в законе, в связи с чем поведение системы определяется законом плюс начальные условия. При прочих равных условиях в науке всегда отдается предпочтение закону или теории, использующим меньшее число начальных условий.

Концепция Э. Собера является попыткой учесть и отразить такие моменты научной стратегии, как стремление по возможности сократить число свободно изменяемых параметров в теории и построить теорию так, чтобы все ее величины или параметры системы «естественно» следовали из ее основных принципов и законов.

Не ограничиваясь общим указанием следовать в процессе научного исследования бритве Оккама, Э. Собер дает более конкретные рекомендации. Он предлагает четыре правила, которые в общем не противоречат духу научной практики [24, с. 33—35]. Пусть H, H^1 — сравниваемые гипотезы;

$Supp (H/E)$ — поддержка (от английского слова *support*) гипотезы H данными наблюдения E ;

$>_s$ — отношение, обозначающее «более простая»;

$=_s$ — отношение, обозначающее «равны по простоте».

Пусть также дана некоторая константа K , такая что $0 \leq K \leq \leq 1$. Она обозначает ту минимальную поддержку гипотезы, которая делает ее достойной рассмотрения. Тогда можно сформулировать следующие четыре правила:

Правило 1. Если $Supp (H) \leq K$ и $Supp (H^1) \leq K$, не выбирай ни гипотезу H , ни гипотезу H^1 (т. е. если эмпирическая поддержка обеих соперничающих гипотез меньше некоторого минимального уровня, то ни одна из них не может быть выбрана).

Правило 2. Если $Supp (H) > K \geq Supp (H^1)$, выбирай H .

Правило 3. Если $Supp (H) > K$ и $Supp (H^1) > K$, выбирай более простую.

Правило 4. Если $H =_s H^1$ и $Supp (H) > Supp (H^1) > K$, выбирай H , т. е. если гипотезы равно просты, но поддержка H больше поддержки H^1 и больше некоторого минимального уровня, то следует выбирать H .

В концепции Э. Собера делается попытка учесть зависимость сравнительной простоты от типа языка и культуры. Он верно отмечает, что оценка простоты гипотез зависит не только от числа вовлекаемых в нее понятий, но и от того, насколько эти понятия представляются привычными и естественными для работающих с ними исследователей. При прочих равных условиях гипотеза, в которой используются понятия, традиционные для системы культуры «получателя» информации, будет восприниматься как более информативная и простая по сравнению с гипотезой, использующей непривычные для него понятия⁴. В связи с этим Э. Собер предла-

⁴ В этой связи Э. Собер приводит пример: из двух гипотез «Все изумруды зеленые» и «Все изумруды гру» в нашей системе культуры первая будет оцениваться как более простая; но для говорящих на языке «гру» проще будет вторая.

гает оценивать гипотезы не в терминах только H и E , но и в терминах H , E и P , где P — все семейство предикатов, которые рассматриваются в пределах этой теории как натуральные, естественные [24, с. 35—36]. Таким образом, в рассматриваемой концепции учитывается прагматический аспект информативности и простоты.

Подводя итоги, можно сказать, что, так же как и в концепции К. Поппера, в концепции Э. Собера нашли отражение и экспликацию важные аспекты интуитивно применяемых представлений о простоте научных теорий как их информативности. И если в концепции К. Поппера делается акцент на способности теорий исключать физически нереализуемые состояния систем, то в концепции Э. Собера обращается внимание на соотношение теорий и начальных условий, на свойство теорий, «совершенствуюсь», сокращать число фигурирующих в них произвольно изменяемых параметров.

Простота и инвариантные аспекты научных теорий

На наш взгляд, в рассмотренных концепциях не нашла отражения существенная особенность научных теорий, непосредственно связанная с их сравнительной простотой, толкуемой в смысле большей информативности. Речь идет о способности теоретических систем описывать и объяснять с единой точки зрения определенные области экспериментальных данных. Теория не только выделяет физически реализуемые состояния, она не только в большей или меньшей степени использует начальные условия при описании поведения систем; она — и это ее основное назначение — охватывает единой теоретической схемой разнообразие эмпирических данных, создавая таким образом единство в многообразии. Вот эта главная функция научной теории остается в рассмотренных выше концепциях в тени, хотя именно с нею чаще всего и связывают ученые свои представления о простоте и информативности научных теорий.

В науке понятие информативности употребляется как синоним общности; простота теории понимается как ее способность, используя возможно меньшее количество теоретических средств, описать и объяснить возможно более широкий круг явлений. Общность при этом может пониматься двояко. Любой закон является общим в некоем тривиальном смысле: он приложим ко всем явлениям или объектам описываемого класса и в этом смысле обладает универсальной общностью. Вместе с тем законы и теории могут быть более или менее общими в некоем нетривиальном смысле, охватывая не один, а два и более классов различных явлений и событий. В качестве критерия предпочтительности теорий простота и информативность связаны со вторым пониманием общности.

Простота в смысле общности, широты сферы приложения теории, сопровождающаяся экономией используемых теоретических

средств, всегда рассматривалась как одно из наиболее желательных свойств теории. Например, можно сказать, что еще древние греки пытались создавать максимально простые концепции Космоса, поскольку стремились положить в основу объяснения мира возможно меньшее число сущностей и элементов. И именно эта черта натурфилософских построений античности делает их в глазах современных исследователей подлинно научным подходом к объяснению мира. «Уже в стремлении Фалеса объяснить все многообразие природных явлений через воду... можно увидеть одно из приложений научного принципа, согласно которому максимум явлений должен быть объяснен минимумом гипотез», — пишет один из исследователей космоса древних греков [25, р. 7]. Тенденция к построению максимально простых в смысле максимально информативных систем пронизывает всю историю естествонаучного знания и оказывается чрезвычайно живучей в современном научном познании. «Задача физики, — утверждает известный физик С. Вайнберг, — выработать простой взгляд на явления природы, объяснить огромное количество сложных процессов с единой точки зрения, на основе нескольких простых принципов» [3, с. 201].

Представляется, что в физическом познании понимание простоты и информативности можно эксплицировать посредством понятий, имеющих отношение к идеям инвариантности, симметрии, теоретико-групповых методов. Последние играют большую роль в физическом познании. Как показали работы Ж. Пиаже, уже в донаучном познании постижение и восприятие окружающего мира оказывается возможным благодаря тому, что в операциях, совершаемых познающим субъектом (и эти операции являются совершенно необходимыми элементами познавательного процесса), обнаруживаются некоторые инварианты взаимодействий. В своей генетической эпистемологии Ж. Пиаже обосновывает мысль о том, что различные познавательные структуры, складывающиеся на разных этапах развития интеллекта, представляют собой инварианты относительно различных групп преобразований. В физическом познании теоретико-групповой подход занял такое место, что задачу, которую решает физик-теоретик при построении научной теории, в известном смысле можно отождествлять с задачей, которую ставил Ф. Клейн перед геометром: «Дано многообразие и в нем группа преобразований: требуется развить теорию инвариантов этой группы» [12, с. 399]. Фундаментальные физические теории строятся на величинах и соотношениях, инвариантных относительно некоторых групп преобразований, относительно которых остаются инвариантными уравнения этих теорий.

Мы не будем останавливаться подробнее на сущности теоретико-группового подхода к физическим теориям: вопрос о роли принципов симметрии в физическом познании, как и многие другие аспекты теоретико-групповых методов в физике, подробно освещены и проанализированы в соответствующей литературе. Нам в данном случае будет интересовать лишь один аспект рассмат-

риваемого подхода — связь теоретико-групповых свойств теорий с их информативностью и простотой.

Для того чтобы понять, почему именно теоретико-групповые свойства теорий могут быть ассоциированы с их простотой, следует учесть, что понятия «группа», «симметрия», «инвариантность» несут в себе идею равенства, тождества, эквивалентности. Это может быть эквивалентность систем отсчета относительно преобразований пространства и времени (как в геометрических принципах инвариантности, связанных с группами пространственно-временных преобразований), либо состояний физической системы по отношению к преобразованиям фазового пространства, либо тождественность объектов, свойств, параметров систем относительно того или иного типа взаимодействий (как и динамических принципах, связанных с отдельными видами взаимодействий). Уравнивание, отождествление в определенном отношении систем отсчета объектов, состояний служит основой расширения сферы приложения понятий теории, создает основу для экономии теоретических средств, дает возможность использовать одни и те же понятия и уравнения для объектов разных классов, разных классов систем отсчета, разных состояний физических систем, т. е. обеспечивает как раз те особенности научных теорий, которые связаны с их простотой и информативностью.

Введение каждого нового типа симметрии влекло за собой увеличение информативности физической теории. Каждый новый принцип инвариантности геометрического типа означал расширение поля приложения теорий, так как вел к увеличению числа классов систем отсчета, в которых оказываются справедливыми законы природы. Так, введение группы, восстанавливающей симметрию между пространственными и временными координатами, означало, что эти законы справедливы не только для систем, произвольным образом повернутых в пространстве или сдвинутых в пространстве и времени, но и для систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно. Введение группы, связанной с общей теорией относительности, означало справедливость законов природы для систем, движущихся относительно друг друга произвольным образом, и т. д.

Возможности, которые несут с собой принципы симметрии в плане экономии теоретических средств, наглядно могут быть продемонстрированы на идее перекрестной симметрии, являющейся одной из основных симметрий релятивистской квантовой механики. В общих чертах ее суть состоит в следующем. Если заданы реакция, переводящая падающие частицы в уходящие античастицы, и амплитуда рассеяния для этой реакции, то *та же самая* функция (задающая амплитуду рассеяния) будет описывать и амплитуду процесса, в которой одна из падающих и одна из уходящих частиц поменялись ролями. Сказанное справедливо и для реакции, описывающей процессы, в котором поменялись местами две другие частицы. Таким образом, перекрестная симметрия означает явную экономию теоретических средств: существует лишь одна

производящая функция для всех связанных каналов. Перекрестные соотношения, по выражению А. Салама, придают релятивистской квантовой механике «мощь, которой перерелятивистская квантовая механика никогда не обладала» [13, с. 589].

Информативная и упрощающая сторона теоретико-групповых методов особенно ярко проявилась в современной физике элементарных частиц, где они постоянно служат основой для уменьшения числа фундаментальных частиц и взаимодействий. Известно, что именно принципы симметрии позволили сгруппировать большую группу сильно взаимодействующих частиц в мультиплеты, а мультиплеты — в супермультиплеты, найти здесь максимально возможное единство в многообразии. Решающую роль играла в данном случае опять-таки идея равенства, тождества частиц в определенном отношении. Объединение частиц в изотопические мультиплеты проводилось в предположении, что частицы — члены этих мультиплетов — являются тождественными, неразличимыми по отношению к сильным взаимодействиям и представляют собой лишь разные состояния одной и той же частицы, различающиеся значением изотопического спина. На этом основании нейтрон и протон стали членами зарядового дуплета, три пи-мезона и три сигма-гиперона — членами зарядовых триплетов и т. д. [5].

Дальнейшее упрощение теории было достигнуто на пути введения новой симметрии — унитарной. Введение этой симметрии позволило сгруппировать мультиплеты в супермультиплеты. И вновь основой упрощения послужила идея относительного тождества частиц (или, используя терминологию Д. П. Горского, принцип «отождествления нетождественного» [6, с. 105—133]): объединение частиц в унитарный супермультиплет проводилось в предположении, что компоненты супермультиплетов — изотопические мультиплеты — являются возбужденными состояниями одной и той же частицы, которые различаются между собой изоспином и странностью.

Следующий шаг на пути повышения информативности и простоты теории был сделан при введении локальных калибровочных симметрий. В терминах (спонтанно нарушенной) калибровочной симметрии удалось с единой точки зрения описать электромагнитные и слабые взаимодействия. И наконец, поиски способов объединения электрослабого и сильного взаимодействий ищут опять-таки на пути введения новых симметрий. Одна из наиболее вероятных и перспективных моделей этого синтеза основана на использовании симметрии, представляющей собой объединение группы электрослабых взаимодействий с калибровочной группой, связанной с сильными взаимодействиями [10].

Таким образом, если сравнительную простоту теории определять как ее способность описывать и объяснять с единой точки зрения возможно более широкую область фактов, можно отметить, что в научном познании существует тенденция к созданию максимально простых и информативных теорий, и эта тенденция сопровождается возрастанием числа инвариантных аспектов теории —

введением новых симметрий, расширением фундаментальной группы теории и т. д.

Может возникнуть одно возражение: в истолковании информативности через инвариантные аспекты научного знания не находит отражения одна из существенных идей логико-семантических концепций информации — существование связи (обратной зависимости) между количеством информации и вероятностью предложения. Выше упоминалось, что постулирование такой связи позволило К. Попперу учесть фактуальность (неавтологический характер) теоретических утверждений. В этой связи следует обратить внимание на следующее: фактуальность гипотез может пониматься по-разному. Для науки важны не только неожиданные, невероятные предложения, но и гипотезы, вероятные в высокой степени; научное познание заинтересовано не только в нетривиальных гипотезах, но и в том, чтобы вероятность этих нетривиальных гипотез с накоплением научных данных увеличивалась. И тенденция к построению фактуальных и информативных именно в таком понимании гипотез и теорий является, как представляется, основной в развитии научного знания⁵.

Это не значит, что в научном познании не существует тенденции к увеличению информативности и простоты теорий в смысле концепций К. Поппера или Э. Собера. Они существуют, но главным образом как следствия основной тенденции. Действительно, в концепции К. Поппера информативность ассоциировалась со способностью теорий вычленять физически реализуемые состояния. Но одна из основных функций принципов инвариантности как раз и состоит в том, что они выступают правилами отбора таких состояний. Физически реализуемыми оказываются те состояния, которые инвариантны относительно группы преобразований, лежащей в основе теории. Особенно мощно отборочная функция принципов симметрии проявилась в физике элементарных частиц. Требования, налагаемые различными симметриями, вместе со связанными с ними законами сохранения заметным образом ограничивают число теоретически возможных моделей в этой области знания.

Можно также утверждать, что расширение инвариантных аспектов теории, как правило, влечет за собой уменьшение числа начальных условий, необходимых для описания поведения систем. Ретроспективное постулирование уже самых первых геометрических принципов симметрии в физике — инвариантности относительно вращений и сдвигов в пространстве — фактически означало провозглашение в явной форме иррелевантности для описания поведения физических систем таких начальных усло-

⁵ По-видимому, именно эта тенденция нашла свое отражение в концепции советского логика Е. К. Войшвилло [4]. В отличие от концепции Карнапа и Бар-Хиллела, в которой количество информации ассоциируется прежде всего с неожиданностью высказывания, в концепции Войшвилло процесс решения проблемы рассматривается как накопление информации, количество которой возрастает и в том случае, если вероятность решения проблемы увеличивается (см.: [4, с. 287—289]).

вий, как их абсолютное положение в пространстве и ориентация. Да и любой другой принцип симметрии можно сформулировать так, что будет подчеркнута «даруемая» симметрией независимость от тех или иных начальных условий. Так, симметрия относительно зарядового сопряжения означает, что указание на то, имеют ли в реакциях дело с частицей или античастицей, не является начальным условием, необходимым для описания поведения частиц. Сохранение четности означает, что irrelevantным становится указание на то, идет ли речь о системе или ее зеркальном отображении и т. д.

По-видимому, информативность научных теоретических систем и их сравнительная простота являются многогранными понятиями, и все три рассмотренных выше аспекта имеют существенное значение в развитии научного знания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., 1960.
2. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М., 1966.
3. Вайнберг С. Идеиные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий // УФН. 1980. Т. 132, вып. 2.
4. Войшилло Е. К. Попытка семантической интерпретации статистических понятий информации и энтропии // Кибернетику — на службы коммунизму. М.; Л., 1966. Т. 3.
5. Чу Дж., Гелл-Манн М., Розенфельд А. Сильно взаимодействующие частицы // Элементарные частицы: Над чем думают физики. М., 1965. Вып. 3.
6. Горский Д. П. Диалектика отождествления нетождественного в процессе познания // Диалектика научного познания. М., 1978.
7. Ледников Е. Е. Проблема конструкторов в анализе научных теорий. Киев, 1969.
8. Мамчур Е. А. Проблема выбора теории. М., 1975.
9. Мамчур Е. А., Илларионов С. В. Принцип простоты // Методологические принципы физики. История и современность. М., 1975.
10. Матиян С. Г. На пути объединения слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий // УФН. 1980. Т. 130, вып. 1.
11. Меркулов И. П. Принцип простоты как проблема гносеологии и логики науки. Автореф. дис. ... канд. филос. наук. М., 1972.
12. Клейн Ф. Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований // Об основаниях геометрии. М., 1956.
13. Салам А. Фундаментальная теория материи: (Результаты и методы) // УФН. 1966. Т. 99, вып. 4.
14. Форд К. Мир элементарных частиц. М., 1965.
15. Эшби У. Р. Принцип самоорганизации // Принципы самоорганизации. М., 1966.
16. Bar-Hillel J., Carnap R. Semantic information // Brit. J. Philos. Sci. 1953. Vol. 4, N 14.
17. Feuer L. The principle of simplicity // Philos. Sci. 1957. Vol. 124. N 2.
18. Hesse M. Simplicity // The encyclopedia of philosophy. 7th ed. L., 1967.
19. Kemeny J. The use of simplicity in induction // Philos. Rev. 1953. Vol. 62, N 3.
20. Popper K. The logic of scientific discovery. N. Y., 1961.
21. Post H. R. Simplicity in scientific theory // Brit. J. Philos. Sci. 1962. Vol. 11.
22. Post H. R. A criticism of Popper's theory of simplicity // Philos. Sci. 1962. Vol. 12, N 48.
23. Schlesinger J. Method in the physical science. L., N. Y., 1963.
24. Sober E. Simplicity. Oxford, 1975.
25. Sumbyrsky S. The physical world of the Greeks. L., 1956.

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ И ИНДУКТИВНАЯ ИНТУИЦИЯ

Идея о том, что индуктивную логику можно построить в терминах вероятности, не нова. Значительная часть проделанных исследований в этой области связана с именем Рудольфа Карнапа. Его результаты проливают свет на логический эмпиризм как философское направление, для которого характерен метафизический способ мышления.

«Преодоление метафизики посредством логического анализа языка» — так называлась программная статья, опубликованная Карнапом в начале его научной карьеры. В более зрелый период Карнап отмечал: «Мне кажется, что обоснования, которые приводятся для принятия любой аксиомы индуктивной логики, имеют следующие характерные черты:

(а) Эти обоснования базируются на нашем интуитивном суждении относительно индуктивной правильности, т. е. относительно рациональности практических решений (например, о заключении пари). Следовательно:

(б) Невозможно дать чисто дедуктивное оправдание индукции.

(в) Эти обоснования априорны.

Под (в) я подразумеваю, что эти обоснования независимы как от универсальных синтетических принципов о мире, т. е. от принципа однообразности мира, так и от специфического прежнего опыта...» [5, с. 978].

В другой работе Карнап писал: «Но в принципе никогда не существует необходимости ссылаться на опыт, чтобы судить о рациональности некоторой *C*-функции ... Когда кто-то не в состоянии отличать правильные шаги от неправильных в индуктивных рассуждениях, даже в самых простых случаях, другими словами, когда он индуктивно слеп, тогда было бы безнадежно пытаться убедить его в чем-нибудь в индуктивной логике. Чтобы научиться индуктивным рассуждениям, мы должны иметь то, что я называю способностью индуктивной интуиции» [6, с. 264].

В этих высказываниях Карнапа выражено то, что Штегмюллер формулирует следующим образом: «Если положить в основу кантовское определение метафизики, то интересно констатировать, что Карнап, который считается основоположником логического эмпиризма, с его концепцией количественных синтетических высказываний а priori, выдвинутой незадолго до смерти, по меньшей мере попытался проникнуть в область метафизики более глубоко, чем любой синтетический априорист до него» [15, с. 469].

Возвращение к метафизике было вызвано прежде всего трудностями, с которыми столкнулась реализация программы индуктивной логики Карнапа. Несмотря на то что эти трудности имели

в основном техническую природу, философские проблемы, лежащие в их основе, выявились гораздо более четко, чем раньше. Идея о том, что «нужен новый вид логики, который занимался бы степенями вероятности» [4, с. 411], возникла еще в древности — зародыши ее имеются у Аристотеля. И мысль о том, чтобы соединить эту логику с индукцией, также имеет долгую традицию.

Построение индуктивной логики предполагает возможность придавать выводимым высказываниям статус логического, т. е. достоверного, необходимого знания. В этом плане построение индуктивной логики как вероятностной логики является существенным ослаблением, хотя оно и может рассматриваться как определенный подход к разрешению проблемы Юма. Фактически попытки оправдания индукции путем привлечения понятия вероятности, точно так же как сомнения в возможности оправдания индукции [10, с. 112], известны с античных времен. Именно у Карнапа это ослабление затрагивает два существенных момента: во-первых, идеал достоверного, несомненного знания приписывается в жертву вероятностным знаниям; во-вторых, выводимыми являются уже высказывания (или гипотезы) «только» с определенными степенями вероятности. Однако даже таким образом поставленная задача оказалась неразрешимой. И. Лакатош описал развитие исследований Карнапа по проблеме вероятности как «дегенеративное движение проблемы», так как последние, известные к этому времени результаты показали невозможность реализации этой исследовательской программы [9].

Последние работы Карнапа при тщательном рассмотрении можно было бы истолковать как дальнейшее отступление от исходной программы. Первоначально Карнап был убежден в том, что можно осуществить следующие цели: (1) Построение индуктивной логики как теории, дающей аналитические предложения. Хотя гипотеза h и опытные данные e не являются аналитическими, тем не менее получаемое с помощью индуктивной логики предложение «Гипотеза h подтверждается опытными данными e в степени r » ($C(h, e) = r$) аналитическое. (2) Эта степень подтверждения определяется без добавочных допущений и (3) определяется однозначно. (4) Эта степень подтверждения является вероятностью и (5) изображается понятием «частичной выводимости», предельным случаем которой является полная выводимость.

Идея Виттгенштейна и Вайсмана, из которой исходил Карнап, заключалась в том, чтобы определить эту вероятность с помощью сравнения рангов предложений, входящих в индуктивный вывод, что означало приписывание всем описаниям состояния (всем «возможным мирам») одинаковой априорной вероятности. Известная функция подтверждения C^+ , которую Карнап называл «функцией Виттгенштейна», отличается тем, что вероятность $C^+(h, e)$ независима от объема опытных данных e . Другими словами, C^+ «запрещает» учиться на опыте. Карнап считал, что основой этого утверждения является принцип индифферентности,

известный уже со времен Лапласа¹. Давно известно, что обоснование этого принципа связано с порочным кругом и ведет к парадоксальным результатам. Функцию C^+ также можно рассматривать как подобный парадокс.

Это открытие привело к нескольким последствиям.

1. Оказалось, что первоначально вполне убедительная научная интуиция может сталкиваться с таким же убедительным пониманием рациональности. В соответствии с идеалом рациональности XVII и XVIII вв. это было невозможно; интуиция была ручательством подлинной рациональности, поскольку только она придавала эмпирической общности такую необходимость и существенность, которая характеризует абсолютное знание [2].

Здесь нет возможности проследить развитие идеи рациональности в логическом эмпиризме до ее нынешней формы. Причины этого развития имеют самую разную природу: критика со стороны других философских направлений, системные и технические проблемы, а также известное изменение функции эмпиризма после упадка традиционного рационализма [3]. Сейчас соотношение рациональности и интуиции представляется как поиск компромисса между разными сталкивающимися интуициями на основе и в смысле определенного, хотя сначала не очень четко сформулированного понимания рациональности. Весь ход исследований Карнапа в области индуктивной логики можно описать и как попытку согласовать разные интуиции с логически-эмпиристической рациональностью. Причем эти интуиции частично характерны для эмпиризма, частично взяты из естественных наук.

2. Карнап начал поиски других функций подтверждения при сохранении принципа индифферентности в его «рациональной» форме, т. е. как условия симметричности и как принципа инвариантности для внелогических составных частей h и e . В. С. Сальмон считает выявление статуса принципа индифферентности безусловным достижением индуктивной логики Карнапа [14]. Однако то, что из континуума индуктивных методов сначала была выделена только функция C^* , вызвало определенные возражения. Одно из них, выдвинутое Сальмоном [14], гласит, что C^* слишком далеко отходит от первоначальной интуиции, так как идея частичной выводимости вообще имеет смысл только с C^+ . То обстоятельство, что часть h , ранг которой тождествен рангу e , может быть полностью выведена из e , а остаток, т. е. непроверенная часть h , остается дедуктивно независимой от e , вообще ставит под сомнение идею о частичной выводимости. Правда, Карнап продолжал отстаивать положение о необходимости такого типа выводимости, но Штегмюллер был вынужден отказаться от него [15]. Другие возражения имели отношение к обоснованию того, что C^* является более предпочтительной

¹ Насколько нам известно, принцип индифферентности формулируется, причем в достаточно ясном виде, уже у Лейбница. Хотя, конечно, значимую роль в теории вероятностей он начал играть у Лапласа (примеч. ред.).

среди всех функций λ -континуума. Сначала C^* показалась самой адекватной функцией подтверждения, потому что характеризуемый ею индуктивный метод является «рациональным» в смысле логического эмпиризма: он определяется «чисто логическими соображениями», эмпирическими данными и больше ничем. Карнап полагал, что ему удалось в C^* найти функцию, описывающую с достаточной четкостью соотношение необходимых факторов. Однако в действительности обоснование выбора и предпочтения C^* оказываются не «чисто логическими». Преодолеть эту трудность можно было бы путем нового расширения понятия, а именно объявить рациональными все функции λ -континуума (за исключением экстремальной функции C^+), а не только C^* .

Проблема выбора определенной функции (к тому времени она была еще предметом дискуссии, а сегодня Штегмюллер называет ее «вырожденным вопросом» [16]) не является «чисто теоретическим вопросом», который можно разрешить «чисто логическим путем», здесь необходимо должны учитываться такие факторы, как эlegantность, простота, экономность и т. п. При этом выявляется еще одна дилемма, присущая не только логическому эмпиризму: расхождение теоретического и практического разума, теоретической и практической рациональности. Штегмюллер интерпретирует последнюю форму теории Карнапа как «теорию рациональных решений в условиях риска» и называет ее «мета-теорией практики» (в отличие от Поппера, который создал «мета-теорию теорий»). Но она в лучшем случае является теорией для практики (для использования ее в небольшом сегменте практики), а отнюдь не теорией из практики (т. е. не обоснованной практикой).

3. Известный результат Карнапа, что для всех общих высказываний по отношению к бесконечным предметным областям C -функции λ -континуума (т. е. вероятность этих общих высказываний) равны нулю, противоречит как интуиции естествоиспытателей, так и интуиции самого Карнапа, согласно которой теория подтверждения должна быть теорией рационального обращения с общими гипотезами. Рейхенбах в свое время обосновывал необходимость индуктивной логики со ссылкой на тот факт, что общие высказывания о бесконечной области неверифицируемы окончательно, если они истинны, а только фальсифицируемы, если они ложны; экзистенциальные высказывания, наоборот, только верифицируемы в случае их истинности, и нефальсифицируемы, если они ложны [12]. Такие высказывания только «односторонне разрешимы». Общие же высказывания, в которые входят комбинации универсальных экзистенциальных операторов, вообще неразрешимы окончательно. В таких случаях выявление их вероятности необходимо для того, чтобы делать такие высказывания «индуктивно разрешимыми».

Результат Карнапа приводил к тому, что общие высказывания оказывались даже индуктивно неразрешимы. Известна его попытка обосновать этот результат с помощью анализа интуиции естество-

испытателей. «Этот последний результат, кажется, не сходится с тем, что естествоиспытатели часто утверждают, будто некий закон „хорошо обоснован“, оказался „очень надежным“ или „нашел во многих опытах свое подтверждение“. Здесь следует сначала более подробно исследовать, что означают все эти обороты... Гипотеза h , которая подтверждается e ... это не закон g , а только частный случай или маленькое число частных случаев. То, что обычно называется надежностью закона, измеряется поэтому не степенью истинности самого закона, а отдельными случаями проявления этого закона. Таким путем устраняется мнимое противоречие с привычкой мышления у естествоиспытателей» [7, с. 228]. Подобный довод приводит также В. К. Эсслер, указывая на то, что многие эмпирические науки имеют дело вообще только с конечными областями [8, с. 119].

После того как исходные интуиции частичной выводимости, однозначности степени подтверждения и индуктивной логики были принесены в жертву условиям рациональности, от первоначальной интерпретации логической вероятности как меры подкрепления (степени подтверждения), как оценки частоты и как коэффициента честности (в случае заключения честного пари) осталось только последнее. Тем самым Карнап перешел от логической интерпретации вероятности к субъективной (персональной). На передний план была выдвинута нормативная теория рациональных решений. Остаются еще довольно значительные различия между карнаповской теорией и теориями субъективной вероятности (Де Финетти, Сэвиджа), но они касаются лишь силы тех допущений, которые Карнап делает относительно идеально-рациональной личности. Эти допущения можно рассматривать как экспликацию понимания рациональности логического эмпириста Карнапа. В книге Шильппа, которая посвящена философии Карнапа, Кемени в 1963 г. изложил критерии адекватности для функций подтверждения; сам Карнап оценил это как изложение их совместной точки зрения и как основу всех существующих и будущих систем индуктивной логики [5]. Эти критерии в последующих работах Карнапа, Штегмюллера и Эсслера хотя и уточнялись, но сохранялись в основном.

Карнап согласен с персоналистами, что при истолковании вероятности как «рациональной веры» вероятность подчиняется аксиомам Колмогорова (требованию регулярности). Кроме того, Карнап требует, чтобы изменения в выборе функции веры были вызваны только дополнительным опытом, чтобы пропозиции с одинаковой логической структурой трактовались одинаково до появления опытных данных (требование симметричности как «рациональное зерно принципа индифферентности»), чтобы выбираемая функция не дала с расширением опыта неизменные (C^+) или даже уменьшающиеся вероятности, чтобы она учитывала все релевантное знание из e (и только это).

Решающий вопрос, конечно, состоит в том, как обосновать эти требования. Попытка дать рациональное обоснование крите-

ривев рациональности в рамках логического эмпиризма неизбежно приводит к порочному кругу. Поэтому ссылки Карнапа на индуктивную интуицию вполне естественны для его программы. Уточнения, сделанные позже, цитируемые и комментируемые Штегмюллером в «Проблемах и результатах науковедения», не затрагивают основную проблему. Карнаповское понятие «индуктивной интуиции» оценивается почти в унисон как непонятное. Сам он разъясняет его с помощью «дедуктивной интуиции», которой якобы надо владеть, чтобы понимать самый простой вывод по правилу «модус поненс». Кто не владеет ею, является «дедуктивно слепым». Если придерживаться этой позиции, то тривиальному возражению Поппера, будто он «индуктивно слеп», ничего противопоставить (Поппер оспаривает уже первый критерий адекватности, т. е. требование, чтобы вероятность, как бы она не трактовалась, была аддитивной, чтобы она удовлетворяла аксиомам Колмогорова).

Если из истории исследовательской программы Карнапа и можно извлечь урок, то он будет следующим. Попытка построить индуктивную логику для практики, но не из практики, а из какой-то «индуктивной интуиции» напоминает пауков Бэкона, ткающих свою паутину «из себя». Правда, построение логических систем (включая индуктивные логики) не является философской проблемой, но необходимо эксплицировать философские предпосылки как можно точнее. Разделение на «теоретическую рациональность», разрабатывающую всю систему, и «практическую рациональность», которая рекомендует и оправдывает выбор определенного индуктивного метода, представляет собой серьезное препятствие (неизбежное для эмпирического мышления). Даже если принимать карнаповскую λ -систему или другие системы (например, системы школы Я. Хинтикки, которые допускают индуктивные генерализации), теория не выполняет свое назначение до конца: нужна как бы вторая индуктивная логика, чтобы ориентироваться в континууме индуктивных методов. Кроме того, отсутствие правил принятия в системе Карнапа рассматривается как недостаток. И то и другое, выбор определенного индуктивного метода и разработка правил принятия, Карнап исключает из области теории и переносит в область практического решения. «Теория» у Карнапа в этом случае означает реализацию вышеупомянутых критериев адекватности. Но они имеют различный статус: требование выполнения аксиом исчисления вероятности можно оправдать как логическое, но требование учиться из опыта обусловлено эмпирической интуицией. Эта обусловленность направлена не против этого требования как основы индуктивной логики, но лишь против выделения этого требования из ряда других, придания ему статуса если не единственного, то главного требования. Таким образом, отказ Карнапа от дальнейшего определения возможных индуктивных методов и от разработки правил принятия вряд ли можно одобрить.

Изменения, которые претерпевали интуиции самого Карнапа.

допускают в принципе только один вывод: интуиции не являются окончательными, тем более неизменными источниками познания. Представления науки и ученых о рациональности своих подходов разрабатываются и изменяются самой наукой и научной практикой. Помимо работ по индуктивной логике, следовательно, требуются еще и исследования развития науки и деятельности ученых.

Ваткинс утверждал, что имеют место следующие противоречия: научный прогресс осуществляется, по Юму, индуктивно и иррационально, по Карнапу, индуктивно и рационально, по Попперу, неиндуктивно и рационально, по Куну, неиндуктивно и иррационально [17].

Если абстрагироваться от того, что здесь (как во всех схемах) упрощается положение дел и что перечисленные авторы по-разному понимают рациональность, то следует все-таки возразить, что резких противоречий в их взглядах нет: рациональность индукции у Карнапа связана с интуицией, научные революции Куна происходят не так иррационально, как утверждает Ваткинс. Как показывает анализ понятия «парадигма», проведенный М. Мастерман, к парадигмам относятся также и принципы организации опыта, общие гносеологические аспекты и определение области реальности [11]. Интересно именно последнее, потому что работы Карнапа и Хинтикки показали, что осторожность при сингулярных прогнозах или индуктивных генерализациях равнозначна допущению о степени однородности или о мере «беспорядка в мире»: каждой степени однородности соответствует оптимальный индуктивный метод. В этой связи есть еще одно возражение против того, что Карнап относит выбор определенной функции (определенного метода) к личному (и индивидуальному) решению: даже при такой его интерпретации, как честное заключение пари, оказывается, что для заключения такого пари необходимо не только согласие в знании о h и о e , но также и о силе логического фактора, т. е. о выборе определенной c - или C -функции. Наука как коллективный труд (как коллективное «пари против природы») требует интересубъективности как предпосылки объективности, но это несовместимо с произвольным выбором индуктивного метода.

Развитие программы индуктивной логики Карнапа подчеркивает необходимость исследований причин ее неудачи. Техническое совершенство, с которым Карнап разработал свою программу, доказывает, что причины находятся в самих предпосылках. Их анализ только начинается; его значение для развития проблем индуктивной логики очевидно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20.
2. Асмус В. Ф. Проблема интуиции в философии и математике. М., 1965.
3. Киссель М. А. Судьба старой дилеммы: рационализм и эмпиризм в буржуазной философии XX века. М., 1974.

науках. Это правило является правилом обобщения в некотором аналитико-дедуктивном смысле [2, с. 71—72].

Действительно, можно доказать теорему о сумме внутренних углов любого треугольника на индивидуальном чертеже (для индивидуального случая), поскольку нами в процессе доказательства принимаются во внимание лишь те свойства P_1, \dots, P_n треугольника, которые зафиксированы в его определении, или те свойства P_1, \dots, P_n , по которым (или: по к о т о р о м у ..., если эти свойства нами рассматриваются как объединенные с помощью знака конъюнкции: $P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n$) было составлено первоначальное обобщение для всех самых различных треугольников еще до возникновения аксиоматической теории. От иных его характеристик: длины сторон, величины углов, его площади и т. п. — мы абстрагируемся и в ходе формирования первоначального обобщения, и в ходе формулирования его определения в явной форме (например, на уровне теории), и в процессе доказательства нашей теоремы. Абстрагируясь от индивидуальных характеристик отдельных треугольников и выделяя их общие и отличительные свойства P_1, \dots, P_n (в них мы уравниваем все треугольники), мы одновременно обобщаем их, делаем их неразличимыми в этих общих и отличительных свойствах. Раз такое обобщение произведено, то и теорема о присущности любому треугольнику некоторого общего и отличительного свойства A (оно сформулировано в нашей теореме) может быть доказана на индивидуальном чертеже для любых треугольников. При этом мы опираемся на определение треугольника, на аксиомы и постулаты теории, на ранее доказанные теоремы и правила логики.

Итак, в процессе доказательства мы можем осуществить переход от $A(a)$ к $\forall x A(x)$ только в том случае, если объект a , представляющий параметр, отождествлен с объектами x некоторого множества M из предметной области D по некоторым свойствам P_1, \dots, P_n , по которым эти объекты выделены и входят в объем некоторых первоначальных обобщений на уровне или дотеоретических, или теоретических построений.

Эти свойства P_1, \dots, P_n для объектов нашего множества являются не только отличительными, но и существенными. Дело в том, что в процессе формирования абстрактных предметов математики (таких, как различные геометрические фигуры и числа) мы отвлекаемся от всего случайного и второстепенного в их содержании и обобщаем их по существенным признакам. Поэтому по отношению к абстрактным математическим предметам не имеет места различение существенных и несущественных свойств. Если для некоторого класса предметов M равным образом являются отличительными и свойство S_1 , и свойство S_2 , то они являются эквивалентными в отношении доказуемости некоторых теорем. Так, независимо от того, будем ли мы определять квадраты как равносторонние прямоугольники или как прямоугольные ромбы, в соответствующей теории о них будут по существу доказываться одни и те же теоремы.

§ 2. Опытные аналоги правила Локка

Рассмотренное нами правило Локка применительно к математике представляет собой средство аналитического обобщения: при его использовании мы не выходим за пределы математики (ее абстрактных идеализированных объектов, их определений и некоторых предложений, аксиом и теорем). Опытные же аналоги этого правила представляют собой синтетические процедуры: они применяются к опытному знанию, анализ опыта является необходимым условием образуемых здесь обобщений.

Можно сформулировать по отношению к экспериментальной деятельности некоторые аналоги рассмотренного в § 1 правила Локка. Они на языке логики будут обосновывать правомерность обобщения результата, полученного в некотором единичном эксперименте, на все случаи повторения того же самого эксперимента в тех же условиях. Обобщение, получаемое в этих случаях, базируется, вообще говоря, на анализе единственного эталонного эксперимента.

Правомерности получаемых на основе опытных аналогов правила Локка обобщений соответствует та степень их обоснованности, которая вообще свойственна общим опытным утверждениям закономерного характера (на феноменологическом или теоретическом уровнях их рассмотрения). В любом случае они представляют собой гипотезы высокой степени вероятности. В таком плане, как известно, рассматривал Ф. Энгельс истины естествознания.

Как известно, экспериментом называется такой метод изучения предметов и явлений, посредством которого мы вмешиваемся в их естественное состояние и развитие, создавая для них искусственные условия, позволяющие не только наблюдать возникающие при этом свойства, в том числе и такие, которые скрыты в естественных условиях, но и делать наблюдаемыми некоторые предметы, ненаблюдаемые в обычных условиях; этот метод часто связан с искусственным расчленением изучаемого предмета и естественных условий его существования на части, с устранением одних частей и их условий и с фиксацией наблюдаемых при этом эффектов.

Приведенное определение эксперимента дает возможность сформулировать его основные цели и формы.

В ходе эксперимента решаются следующие основные задачи:

- 1) обнаруживается некоторый новый объект исследования;
- 2) выявляются некоторые неизвестные ранее свойства у изучаемого предмета или явления;
- 3) раскрываются формы взаимодействий между явлениями, причинные связи между ними.

В условиях решения каждой из указанных задач мы используем некоторые аналоги правила Локка. Все эти аналоги объединяются тем, что в них устанавливается правомерность обобщения от единичного эталонного случая к некоторому общему утверждению, справедливому для неограниченного числа экспериментов опре-

деленного рода. Иными словами, мы здесь имеем дело с индуктивным обобщением от единичного к общему (минуя особенное).

По отношению к случаю (1) опытный аналог правила Локка можно записать так:

$$\frac{\mathcal{E}c^*(a^*)}{\forall x \mathcal{E}c^*(x)} \quad (II)$$

В схематической записи (II) говорится, что если в некоторой экспериментальной ситуации $\mathcal{E}c^*$ (включающей и некоторые фиксированные условия) наблюдается (непосредственно или опосредствованно) конкретный предмет a^* (он специфицируется экспериментальной ситуацией и своим непосредственным или опосредствованным воздействием на органы чувств субъекта), то такая же картина будет наблюдаться и во всех иных случаях постановки данного опыта.

По отношению к случаю (2) опытный аналог правила Локка можно записать:

$$\frac{A(a^*), \mathcal{E}c^*}{\forall x A(x), \mathcal{E}c^*} \quad (III)$$

В схематической записи (III) говорится: если некоторый конкретный изучаемый предмет a^* обнаруживает характеристики A в некоторой конкретной экспериментальной ситуации $\mathcal{E}c^*$, то эти характеристики будут обнаруживаться для любых случаев повторения этого же опыта.

Подобные же схемы аналогов правила Локка можно предложить и для различных форм эксперимента случая (3). Обобщение многих из полученных здесь результатов производится на основе методов Бэкона—Милля.

В связи с опытными аналогами правила Локка важно обратить внимание на следующие моменты:

а) повторение одних и тех же экспериментов проводится для того, чтобы проверить их чистоту, верность произведенных измерений, полноту выявляющихся при этом и интересующих нас характеристик, а не для того, чтобы убедиться, что обобщение, полученное на основе первого опыта, не может быть опровергнуто противоречащим случаем;

б) обнаруженные в некотором эксперименте интересующие нас характеристики изучаемого объекта могут вначале описываться через способы их получения, а затем получать сущностное объяснение на уровне теории;

в) иногда в различных экспериментах обнаруживаются объекты a_1^*, \dots, a_n^* , а потом они отождествляются в один объект. Так было, например, с открытием кислорода: Дж. Пристли выделял его различными способами, из различных веществ, в ходе различных экспериментов, а затем произвел отождествление того, что при этом получалось (он назвал их воздухом, имеющим меньшую, чем обычно, дозу флогистона) (см. [6, с. 79, 80]);

г) именно благодаря теоретической нагруженности экспериментальной деятельности организация эксперимента и его прове-

дение не производится вслепую. Экспериментатор заранее опирается на релевантность того, что важно учесть и от чего следует абстрагироваться. Более того, как правило, эксперименты ставятся для обнаружения того, что предсказывается соответствующей гипотезой. Это, однако, не исключает случайных открытий в науке.

Указанные выше моменты экспериментальной деятельности присущи не только классической науке, но и современной, с грандиозными масштабами производимых ею экспериментов, с их огромной технической и энергетической вооруженностью [3].

Примером решения в ходе эксперимента задачи (I) может быть открытие в 1895 г. В. К. Рентгеном излучения, которое он назвал X-лучами («рентгеновские лучи»). Они обнаруживаются в особых экспериментальных приборах, называемых рентгеновскими трубками. Сначала были разработаны способы их получения в некоторой экспериментальной ситуации. При этом были обнаружены их некоторые свойства. Сам Рентген обнаружил фотографическое действие этих лучей, ионизацию воздуха при их прохождении, показал отсутствие их отражения от поверхности, открыл законы поглощения лучей и связь поглощения с плотностью. Обнаружение рентгеновских лучей осуществлялось по схеме правила Локка (II). При дальнейшем изучении свойств излучения уже использовалась схема (III) опытного аналога правила Локка.

Электромагнитная природа рентгеновских лучей обнаруживалась и обобщалась на основе опытного аналога правила Локка (III) в ходе последующих экспериментов. Так, английский ученый Дж. Стокс высказал гипотезу о том, что рентгеновские лучи представляют собой электромагнитные волны, возникающие при торможении электронов при ударе их об анод. Из этой гипотезы им было выведено следствие о поляризации рентгеновских лучей в плоскости, перпендикулярной проходящей через катодный и рентгеновский лучи. В 1904 г. английский ученый Ч. Баркла экспериментально подтвердил это следствие. Позднее немецкий ученый М. Лауэ открыл свойство дифракции рентгеновских лучей.

Наиболее простым и естественным случаем применения схемы II опытного аналога правила Локка являются обобщения экспериментов, полученных в результате анализа некоторых однородных агрегатов (железо, медь, кислород, вода и т. п.). Данное обобщение рассматривается как правомерное.

При этом мы опираемся на оправдывающее себя в экспериментальной практике допущение: «Все части агрегата однородны, и поэтому при данных фиксированных условиях они одинаково себя проявляют». Выбираемая нами для экспериментального исследования индивидуальная часть агрегата a^* на самом деле играет роль параметра.

Рассмотрим теперь более сложный случай обобщения данных эксперимента на основе опытного аналога правила Локка. Это обобщение относительно некоторого сложного явления предполагает экспериментальное исследование ограниченного числа ва-

риантов данного явления с тем, чтобы охватить его в целом и распространить на все возможные будущие опыты.

Исходя из классического закона сложения скоростей, можно сделать предположение, что в разных системах отсчета скорость света должна быть различной. Однако опыт свидетельствует, что это не так. Были осуществлены следующие четыре варианта эксперимента:

- 1) когда прибор, позволяющий достаточно точно измерить скорость света, покоится относительно источника света, расположенного в некоторой данной системе отсчета;
- 2) когда такой прибор движется со скоростью v навстречу данной системе отсчета;
- 3) когда такой прибор движется со скоростью v в том же направлении, что и данная система отсчета;
- 4) когда такой прибор движется со скоростью v перпендикулярно световой волне, распространяющейся в данной системе отсчета.

Во всех рассмотренных экспериментальных ситуациях, как и в случае (I), скорость света не изменяется и равна C . Здесь мы имеем дело с некоторой усложненной схемой (III) применения опытного аналога правила Локка: в ней фиксируется инвариантность некоторого свойства A (постоянство скорости) для a^* (света) в экспериментальных ситуациях (1)–(4), которые охватывают все случаи соотношений источника света и системы отсчета. Затем мы обобщаем некоторый ограниченный конечный класс экспериментов, охватывающих случаи (1)–(4), с некоторыми фиксированными системами отсчета и скоростями v и говорим: скорость света в вакууме во всех системах отсчета независимо от величины и направления скорости их движения всегда является постоянной и равна 300 000 км/с. Это общее утверждение считается истинным, несмотря на то что было рассмотрено лишь весьма ограниченное множество случаев систем, скоростей v и направлений из числа возможных.

В этом примере, по существу, неполная индукция рассматривается как полная: считается, что четырех указанных экспериментов для каждого из случаев (1)–(4) достаточно, чтобы сформулированное выше обобщение было истинным для любых \vec{v} любых систем отсчета во всех будущих экспериментах этого рода.

При обосновании сформулированного выше обобщения мы очевидно опираемся на следующее допущение: «скорость света C постоянна при всех скоростях v (и направлениях) движения источника света, если C постоянна при какой-то (или при каких-то) фиксированной скорости v (и направлении) движения источника света». Это допущение основывается на том, что с его помощью обосновывается взаимоотношение лишь количественных характеристик C и \vec{v} (поэтому переходы количественных изменений в качественные, т. е. парадоксы типа «куча» исключаются), на том, что распространение света осуществляется в вакууме, что пространство однородно, что нет оснований для отличия в интере-

сующем нас плане каких-то скоростей v от всех остальных и т. д.

Особенно часто опытные аналоги правила Локка используются в применениях технических наук в строительстве, технологии производства, в материальном производстве вообще.

Чаще всего мы проверяем абстрактные технические модели, проекты в лаборатории на единичных натуральных моделях, на некоторых единичных образцах. После такой проверки мы создаем в массовом производстве оригиналы, которые должны сохранять существенные свойства модели, т. е. свойства, которые проверялись и оказались реализованными в модели. В таком случае от единичного модельного устройства A (a^*), удостоверяющего наши представления, воплощенные в абстрактном замысле (проекте), мы как бы переходим к обобщению $VxA(x)$, когда принимаем решение переходить к массовому производству соответствующих технических устройств. При этом нам известно, что свойство A в единичных моделях таково, что в случае успешной проверки оно становится общим.

Необходимость такого «натурного моделирования» вызывается тем, что в техническом знании осуществляется органическое объединение «чистых» закономерностей естествознания с некоторыми соображениями прагматического свойства: с рентабельностью устройств, с возможностью их эксплуатации в разных условиях, их приспособленностью к разным условиям и т. д. Чистые закономерности как бы «замутнены» побочными обстоятельствами. «Техническое знание, — пишет В. М. Фигуровская, — всегда относится к некоторой искусственно созданной системе, построенной на основании синтеза ряда естественнонаучных закономерностей. Сфера их функционирования — конкретно используемые вещества и энергия природы... Поэтому в техническом знании должно быть предусмотрено это соединение „чистых“ закономерностей с материальными посетителями, где указанные закономерности оказываются „замутненными“ целым рядом побочных обстоятельств» [8, с. 115].

Техническое знание, апробированное и воплощенное в машинах, технических устройствах и т. п., успешно применяемых на практике, свидетельствует и об истинности естественнонаучных законов и об адекватности учета ряда побочных обстоятельств прагматического характера. Все экземпляры выпущенной серии машин и технических устройств вообще свидетельствуют об этом не больше, чем любой выбранный нами экземпляр из этой серии.

В этой связи нам представляется исполненным глубокого смысла следующее высказывание Ф. Энгельса: «Паровая машина явилась убедительнейшим доказательством того, что из теплоты можно получить механическое движение. 100 000 паровых машин доказывали это не более убедительно, чем одна машина, они только все более и более заставляли физиков заняться объяснением этого» [1, с. 543].

Рассмотрение опытных аналогов правила Локка позволяет сделать заключение о том, что обобщения в экспериментальных

и технических науках, а также от части однородного агрегата ко всему агрегату осуществляются не посредством неполной индукции. Опытные аналоги правила Локка не являются неполной индукцией, а представляют собой некоторые особые индуктивные процедуры, позволяющие производить обобщения на основе экспериментального анализа единичного.

§ 3. Неполная индукция через простое перечисление и опытные аналоги правила Локка

В процессе изучения действительности, в процессе формирования общих утверждений («индуктивных обобщений») относительно ее объектов мы нередко прибегаем к неполной индукции в ее простейшей популярной форме. Ф. Бэкон ее назвал *«inductio per enumerationem simplicem, ubi non reperitur instantia contradictoria»* («индукция через простое перечисление, в котором не встречается противоречащего случая»).

В такой простейшей форме неполная индукция используется лишь в начале исследования некоторой области предметов; в такой форме она, видимо, широко использовалась и в процессе накопления опыта на донаучном уровне познания, на заре становления естественных наук. Чем выше уровень научного исследования, тем реже неполная индукция применяется в своей простейшей форме. В таких случаях она начинает использоваться в связи с процессом объяснения изучаемых фактов; в связи с процессами применения методов систематического и достаточно полного обзора изучаемой совокупности; в связи с уяснением места, занимаемого исследуемой совокупностью объектов в соответствующей классификации; в связи с обобщением различных видов объектов, подвергшихся экспериментальному исследованию; в связи с дедукцией и т. п.

Например, наблюдая, что отдельные слоны едят с помощью хобота, мы можем по неполной индукции сделать заключение, что «все слоны едят с помощью хобота». Получив информацию о том, что в США имеется безработица, в Англии — тоже, в ФРГ — тоже, во Франции — тоже, мы по неполной индукции можем сделать заключение, что «во всех капиталистических странах имеется безработица». Убедившись, что медь электропроводна, железо — тоже, олово — тоже, свинец — тоже, мы делаем заключение, что все металлы электропроводны. В последнем примере обобщаются не данные наблюдения, а данные, полученные в экспериментах. Полученная при этом зависимость обычно обосновывается на основе теоретических соображений: в этом случае мы прибегаем к процессу объяснения, включающего дедуктивные процедуры. Определение сортности партии товаров на основе некоторых проб осуществляется не на основе неполной индукции в ее простейшей форме, поскольку мы пользуемся некоторыми методиками исследования данной большой совокупности объектов, повышающими надежность получаемых заключений.

Структура неполной индукции через простое перечисление может быть представлена в следующем виде:

$$\frac{P(a_1) \wedge Q(a_1), \dots, P(a_n) \wedge Q(a_n)}{\forall x (P(x) \supset Q(x))}$$

(при условии, что индивидуальные константы a_1, \dots, a_n не исчерпывают область значений индивидуальной переменной x) [4]. Очень часто в современной литературе неполную индукцию через простое перечисление рассматривают как способ формирования некоторых гипотез. Заключение (обобщение в виде общего суждения) рассматривается как гипотеза, догадка, которую в ходе последующего исследования надлежит или более строго обосновать, или опровергнуть. Такие гипотезы средствами неполной индукции формируются не только в естествознании, но и в математике.

Д. Поля указывает на большую роль обобщений, полученных средствами неполной индукции, таких, как догадки, гипотезы в математике и естествознании, и приводит такой пример [7, с. 114].

Допустим, нам встретилось такое предложение:

$$1 + 8 + 27 + 64 = 100.$$

Это предложение можно записать и так:

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 = 10^2.$$

Естественно может возникнуть вопрос о том, является ли сумма, записанная в обобщенной форме

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3,$$

полным квадратом?

Основанием для обоснованности такой гипотезы является обнаружение аналогичной зависимости и в других частных случаях:

$$1^3 + 2^3 = 3^2,$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 = 6^2,$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 = 15^2 \text{ и т. д.}$$

Чем многообразнее и органичнее связи неполной индукции через простое перечисление, используемой в естествознании, с иными методами мыслительной деятельности, тем вероятность соответствующих гипотез возрастает. В чистом же виде гипотезы, выдвигаемые на основе неполной индукции через простое перечисление, весьма ненадежны. Многие из них, основанные на наблюдении повторяемости некоторых свойств в изучаемых дискретных объектах, часто опровергаются. Но это не дает никаких оснований для скептицизма по отношению к знанию, поскольку регулярность типа взаимоотношений, взаимодействий между предметами, составляющими содержание основных научных законов, устанавливаются не на основе индукции через простое перечисление, а на основе опытных аналогов правила Локка.

Обобщения, получаемые на основе опытных аналогов правила Локка, обосновываются рядом разумных идеализирующих допущений (некоторые из них мы формулировали). Теоретическая

нагруженность единичного эксперимента дает возможность выделить существенное и отвлечься от несущественного, нерелевантного в изучаемых предметах. Единичный эксперимент здесь получает статус эталона, который лежит в основе организации последующих экспериментов, в уравнивании их в релевантных параметрах. В эксперименте к тому же обнаруживаются не простые последовательности сходств и различий, а внутренние связи между предметами, существенную часть которых составляют причинные связи. Именно по отношению к этим экспериментально выявляемым связям между предметами можно сформулировать некоторый принцип единообразия природы (его в своих сочинениях формулировал Джон Стюарт Милль), позволяющий обобщать связи, обнаруженные в ходе единичного эксперимента. Это предложение Дж. С. Милля, однако, не является для нас приемлемым. Во-первых, предложение Милля относится лишь к части индуктивных процедур, рассматриваемых нами. Во-вторых, оно связано с превращением индукции в дедукцию; мы же склонны рассматривать общие истины естествознания как гипотезы высокой степени вероятности.

В обобщениях, получаемых посредством неполной индукции через простое перечисление, дело обстоит совсем по-другому. Мы здесь опираемся на наблюдения, отношение субъекта к объекту познания в этих случаях достаточно пассивное. Свойства и иные характеристики, в которых мы отождествляем изучаемые предметы, не расчленены на существенные и несущественные. Поэтому может оказаться, что часть изученных предметов определенной совокупности сходны в этих свойствах, а другие предметы данной совокупности ими не обладают. Но ненадежность этих обобщений не дает оснований для фундаментального скептицизма. Наука, как уже отмечалось, опирается, как правило, на обобщения иного рода.

Заметим, что обнаружение противоречащего примера для обобщения, полученного посредством индукции через простое перечисление, часто не зачеркивает полностью результатов проведенного научного исследования.

Остановимся на анализе примера, приведенного Д. Юмом. В результате обобщения фактов посредством индукции через простое перечисление было сформировано суждение — «Все лебеди — белы» (1). В дальнейшем оказалось, что это обобщение является неверным: в Австралии были обнаружены черные лебеди. Таким образом, было опровергнуто суждение (1). Это, однако, не означало, что наша обобщающая деятельность, выразившаяся в формулировании суждения (1), была бесполезной. Обнаружение черных лебедей заставило к числу известных ранее шести видов лебедей, объединяемых в род *Cygnus*, ввести новый вид, включаемый в род *Chenopsis* (*Chenopsis atrata*). Открытие черных лебедей, следовательно, привело в логическом смысле к расщеплению одного понятия на два: в биологическом смысле — вместо одного рода появилось два. Вместо обобщения (I) теперь можно

было сформулировать два: «Все лебеди рода *Cygnus* являются белыми» и «Все лебеди рода *Chenopsis* являются черными».

Обобщая изложенное выше, можно сказать, что опровержение противоречащими примерами общих утверждений, даже если они получены индукцией через простое перечисление, не означает зачеркивания результатов научного исследования, а означает их конкретизацию — внесение различий в тождественное; например, подразделение родового (в логическом смысле) множества на два видовых подмножества. Наши знания, следовательно, в ходе познания, связанного с опровержением общих положений, не просто элиминируются, а конкретизируются: в ходе такой конкретизации происходит некоторая коррекция знания.

Важную роль в истории философии сыграл осуществленный Д. Юмом анализ опытного знания, его надежности и обоснованности. При обсуждении трудностей, связанных с выявлением того, «что лежит в основании всех заключений из опыта» [9, с. 34], Юм не увидел всех возможностей обоснования опытного научного знания, присущих экспериментальной деятельности и теоретическому объяснению. При всем этом он не только разрушал слепую догматическую веру в возможности чистого опыта, но и высоко его ценил как средство познания, как верховного судью, решающего все самые сложные научные вопросы. После рассмотрения аргументов, свидетельствующих о зыбкости чисто опытного обоснования знания, он пишет: «Конечно, только глупец или сумасшедший когда-либо решится оспаривать авторитет опыта или опровергать этого великого руководителя человеческой жизни; но философу, без сомнения, может быть разрешена такая доля любознательности, чтобы он мог подвергнуть исследованию тот принцип человеческой природы, который придает опыту столь могущественный авторитет и позволяет нам извлекать пользу из сходства, дарованного природой различным объектам» [9, с. 39].

Следовательно, в цитированном выше отрывке произведения Д. Юма речь не всегда идет о попытках разрушения веры в мощь опытного знания по существу, а об обсуждении трудностей обоснования его надежности, возникающих на уровне метаязыковых исследований, на уровне рефлексии над опытным знанием.

Опыт при всей его «теоретической нагруженности» действительно играет роль великого руководителя человеческой жизни. Трудности, связанные с обоснованием эмпирических обобщений, свидетельствуют не об ущербности опыта, а о диалектическом характере научного знания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20.
2. Горский Д. П. Опережающий характер отражения действительности на уровне человеческого познания // Практика и познание. М., 1973.
3. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М., 1974.

4. Костюк В. Н. Методология научного исследования. Киев; Одесса, 1976
5. Клини С. Введение в математику. М., 1957.
6. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
7. Пойа Д. Как решать задачу? М., 1959.
8. Фигуровская В. М. Техническое знание. Новосибирск, 1979.
9. Юм Д. Исследование о человеческом уме. Пг., 1916.



С. А. ЛЕБЕДЕВ

ОСНОВНЫЕ ЛИНИИ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ

Анализ современной литературы по логике и методологии научного познания свидетельствует о том, что термин «индукция» употребляется в двух существенно различных смыслах. В одном случае под индукцией понимают способ движения мысли от частного к общему, от знания менее универсального к знанию более универсальному. Это классическое понимание индукции, идущее от Демокрита, Сократа, Платона и Аристотеля. С другой стороны, в современной логике термин «индукция» часто употребляется как синоним выражений «недемонстративный вывод», «вероятностный аргумент» и т. п. При этом существует взгляд, согласно которому второе понимание индукции является уточнением традиционного («классического») ее понимания, его «современной формой». С нашей точки зрения такой взгляд, хотя и имеет под собой определенные основания, в целом является односторонним и ошибочным [26].

Конечно, между первым («классическим») и вторым («современным») пониманием индукции есть определенная взаимосвязь [16] и в общем никто, за редким исключением, ее не отрицает. Эта взаимосвязь состоит в том, что многие виды классических индуктивных рассуждений действительно являются недемонстративными, ибо заключение в них не следует с логической необходимостью из посылок, например в неполной перечислительной индукции во многих случаях индукции как обратной дедукции. Это, однако, не относится к полной перечислительной индукции, а также в известной мере к миллевским схемам индуктивных рассуждений, которые, как это показали еще Апельт [24], Вундт, Зигварт, по своей логической форме могут быть истолкованы как косвенное доказательство формы *modus tollendo ponens* раздельного умозаключения [18, с. 223]. Возможность корректной экспликации доказательного характера индуктивных канонов Милля в терминах логики необходимых и достаточных условий убедительно показали Г. фон Вригт [31] и Г. Кайберг [5, с. 163—175].

С другой стороны, имеется целый ряд дедуктивных в классическом смысле выводов, которые также имеют недемонстративный

характер, например статистические выводы от значения частоты некоторого свойства в популяции к ее значению в определенном образце. Наконец, имеется ряд выводов от частного к частному (статистические выводы от образца к образцу, выводы по аналогии), которые являются хотя и недемонстративными, но и не индуктивными в классическом смысле. Таким образом, между индуктивными рассуждениями в классическом смысле и недемонстративными (вероятностными) рассуждениями имеет место отношение пересечения: некоторые (но не все) недемонстративные (вероятностные) рассуждения являются индуктивными, и наоборот: вероятностные выводы (аргументы) моделируют (эксплицируют) характер отношения междусылками и заключением лишь некоторых (но далеко не всех) индуктивных рассуждений в классическом смысле. Системы индуктивных логик Карнапа [22], Хинтички [25] и многих других авторов являются непосредственно логической экспликацией неклассической индукции как рассуждения от частного к общему и тем более как метода опытного познания, а именно индукции, понимаемой как «недемонстративный, вероятностный аргумент».

Различие между «классическим» и «современным» понятиями индукции по содержанию и контекстам употребления термина «индукция» в обоих случаях настолько велико, что не будет преувеличением сказать, что фактически мы имеем дело не с одним, а с двумя разными понятиями индукции. Для того чтобы подчеркнуть это различие, назовем первое («классическое») понимание индукции «индукцией₁», а второе в значении «недемонстративного вывода» — «индукцией₂». С нашей точки зрения, каждое из этих пониманий индукции имеет свое историческое и логическое оправдание, свою традицию, а потому и «право на существование». Вместе с тем, как показывает анализ современной логико-методологической литературы, неразличение индукции₁ и индукции₂ ведет к существенной путанице при постановке и обсуждении целого ряда методологических проблем, таких, например, как место и роль индукции в процессе познания, познавательные возможности индукции по сравнению с другими методами познания, проблема открытия научных законов и теорий и проблема их подтверждения, проблема оправдания индукции и т. п. Известная конфронтация К. Поппера с современными индуктивистами является ярким тому примером.

Данная статья будет посвящена рассмотрению основных линий развития содержания понятия индукции₁ в направлении от абстрактного к конкретному. Представляется, что такой подход позволяет, во-первых, более объективно подойти к выявлению действительного содержания индукции₁, следуя реальной исторической познавательной практике использования данного понятия в логике, методологии и истории науки. Во-вторых, такой подход позволяет вычленивать наряду с общим абстрактным содержанием индукции₁ богатство его многообразных конкретных проявлений, иногда существенно отличающихся друг от друга. А это

очень важно, если мы хотим иметь целостное представление о данном методе. Возможность представить содержание индукции, в виде системы или «семейства» близких, но различных друг от друга понятий, т. е. как конкретное (в смысле Гегеля и Маркса) понятие, свидетельствует, на наш взгляд, о достаточно больших эвристических возможностях классической индукции в процессе познания. И весьма опрометчиво выносить индукцию за скобки научного познания и его методологии, как это делает, например, К. Поппер [28].

Первой важной линией развития классической индукции от абстрактного к конкретному явилось выделение различных видов индукции. Это такие ее виды, как перечислительная индукция (полная и неполная), элиминативная индукция (схемы установления причинно-следственных связей между явлениями) и индукция как обратная дедукция (рассуждение от следствий к основаниям). Все это виды индукции, так как все они суть разные варианты логического движения мысли от частного к общему, от менее общего знания к более общему. Как показывает анализ истории философии, впервые это логическое развертывание содержания индукции, было осуществлено уже в древнегреческой философии: индукция как обратная дедукция у Сократа и Платона, перечислительная индукция у Аристотеля [9], элиминативная индукция у эпикурейцев [15]. Однако это развертывание в то время было весьма «тощим» по содержанию и во многом аморфным. Дальнейшее историческое и логическое развитие понятия индукции, шло по линии конкретизации и уточнения выделенных видов индукции, причем в разные исторические эпохи преимущественное значение получал один из ее видов: перечислительная индукция — Древняя Греция и средневековье; элиминативная индукция — Новое время (Ф. Бэкон) и XIX в. (Гершель, Милль); индукция как обратная дедукция — XVIII в. (Ньютон), вторая половина XIX в. (Уэвелл, Дживонс). Для XX в. характерно внимание ко всем видам индукции, и прежде всего в плане их более точной логической экспликации. Здесь в первую очередь должны быть названы работы Г. Рейхенбаха и Р. Карнапа по перечислительной индукции [25; 27], Г. фон Вригта по элиминативной индукции [31], Т. Котарбинского и Д. Пойа по индукции как обратной дедукции [6; 14]. В схематическом виде эта линия развития индукции, в направлении от абстрактного к конкретному может быть изображена следующим образом:



где 1 — перечислительная индукция, 2 — элиминативная индукция, 3 — индукция как обратная дедукция,

1.1 — полная перечислительная индукция,

1.2 — неполная перечислительная индукция;

2.1 — метод единственного сходства

2.2 — метод единственного различия

2.3 — объединенный метод сходства и различия

2.4 — метод остатков

2.5 — метод сопутствующих изменений

методы
Гершеля —
Милля

(Выделение разных видов индукции как обратной дедукции никогда не вставало в качестве значимой проблемы, поскольку, по определению, этих видов столько же, сколько видов дедукции, рассмотренных в обратном порядке.)

Второй важной линией развития индукции₁ от абстрактного к конкретному явилось различие ее как метода и как вывода. Впервые оно было осуществлено также в древнегреческой философии. Однако у Демокрита, Сократа и Платона из-за неразвитости логики как науки это различие еще не проводится. Здесь индукция выступает исключительно как обозначение метода, пути познания от частного к общему (путь познания «снизу вверх»). При этом, если у Демокрита индукция мыслилась скорее всего как метод опытного познания, как обозначение пути движения познания от чувственно-воспринимаемых единичных предметов (единичного) к мысленным образам этих предметов (общему), то у Сократа и Платона индукция — это метод рационального познания, путь движения мысли исключительно в плоскости идей или общего знания, а именно восхождение разума от менее общих понятий к более общим. Соответственно дедукция трактуется ими как метод нисхождения разума от наиболее общих понятий («начал») к менее общим (путь «сверху вниз»), в результате которого, по мнению Платона, только и получается знание [9].

Впервые достаточно четко различение индукции₁ как метода и индукции₂ как вывода осуществил Аристотель. С одной стороны, он трактует индукцию как метод опытного познания, как путь движения мысли от чувственно-воспринимаемого единичного к общим понятиям и утверждениям. (Согласно Аристотелю, общее (идеи) не является врожденным, в действительности же оно существует только через единичное.) Так Аристотель приходит к признанию перечислительной индукции как необходимого и важнейшего метода познания: «...однако и общее нельзя рассматривать без посредства индукции. ...Но индукция невозможна без чувственного восприятия, так как чувственным восприятием познаются отдельные вещи, ибо иначе получить о них знание невозможно» [3, с. 217]. С другой стороны, основоположник логики впервые исследовал индуктивный способ движения мысли со стороны его логической формы, а именно как вывод, как специфический тип рассуждения.

Исследуя индукцию через перечисление как специфическую форму умозаключения, Аристотель различал силлогистическую и несиллогистическую индукции, впоследствии получивших название полной и неполной. Только полная индукция рассматривается Аристотелем как формально законный вид вывода. Он называет ее «силлогизмом через индукцию» и противопоставляет не силлогизму вообще, а лишь силлогизму через средний термин. С точки зрения логической формы Аристотель трактовал силлогистическую (полную) индукцию как умозаключение по 3-й фигуре силлогизма (*Darapti*), но с распределенным средним термином в меньшей посылке. Он приводит следующий пример полной индукции («Первая Аналитика»):

Человек, лошадь, мул долговечны.

Человек, лошадь, мул — существа, не имеющие желчи.

Всякое существо, не имеющее желчи, долговечно.

Однако силлогической, полной индукции он отказывал в доказательной силе, поскольку считал доказательством не всякий формально законный вид вывода, а лишь такой, посылки которого суть необходимо-истинные утверждения. Посылки же индукции, по мнению Аристотеля, по своей природе всегда ограничены рамками определенного частного опыта, а потому не могут быть квалифицированы как необходимо-истинное знание, а только лишь как вероятное. Стагирит так оценивает познавательные возможности индукции: «Тот, кто применяет индукцию, не доказывает, однако все же что-то выявляет» [3, с. 257]. В этой оценке Аристотелем познавательных возможностей индукции содержится явное различие им индукции как метода и как вывода. С одной стороны, он считает, что индукция₁ как метод — необходимый путь, необходимое условие открытия («выявления») общих понятий, общих определений, общих суждений. Но как вывод индукция₂ — «диалектический», недоказательный тип рассуждения, способный выполнять в познании лишь функцию подтверждения общих утверждений частными примерами. При этом необходимо подчеркнуть, что для Аристотеля, как, впрочем, и для других древнегреческих философов, индукция — это прежде всего именно специфический метод познания. Возможность же поставить ему в соответствие определенную форму вывода, представить его как специфический тип рассуждения — вторичный момент. Индукция как метод движения познающей мысли несравненно богаче по содержанию, чем индукция как вывод, ибо она не сводится к ее логическому отображению в виде определенного рассуждения. Неслучайно Аристотель приходит к признанию интеллектуальной интуиции в качестве важнейшего, завершающего момента индукции как метода познания. У Аристотеля мы фактически столкнулись с первой попыткой логической экспликации индукции₁ как метода с помощью перечислительной индукции как определенного типа вывода. При этом Аристотель не отождествлял понятия «индуктивный вывод» и «правдоподобный (вероятный) вывод». Согласно Аристотелю, не всякий вероятный вывод есть индуктивный: аналогия

(«парадегма») и энтимема тоже дают правдоподобное («вероятное») знание, но при этом не являются индуктивными выводами.

Другим проявлением различия древнегреческими философами индукции, как метода и как вывода явилось учение об индукции, развивавшееся эпикурейцами, которые считали главной целью и основным содержанием индуктивного метода отыскивание причинно-следственных зависимостей. В этой связи они подчеркивали большое значение для правильного индуктивного метода не только сходства, но и различия между анализируемыми примерами, тем самым вплотную подходя к идее элиминативной индукции. Как отмечают П. С. Попов и Н. И. Стяжкин, «эпикурейцы предвосхитили ряд методов Милля (XIX в.). Они имели понятие, в частности, об индуктивном методе единственного сходства» [15, с. 112]. Более того, эпикуреец Броний вплотную подошел к понятию научной индукции, считая, что доказательность индукции зависит не столько от числа положительных примеров, сколько от того, существует ли признак, по которому делается индукция. Если Аристотелю была известна лишь индукция через перечисление, то «эпикурейцы выдвинули теорию индукции, основанную на анализе принадлежности признака предмету и на зависимости одного признака от другого» [15, с. 112]. Таким образом, и эпикурейцы трактовали индукцию, прежде всего как метод, индукция, как вывод моделирует лишь один из аспектов (логический) индуктивного метода. Успешное применение индукции как метода требует привлечения экстралогических средств — опыта, умения, интуиции исследователя.

В средние века индукция трактовалась перечислительным образом и притом только как формально-логическая операция (как вывод). Лишь Ф. Бэкон поднял голос в защиту индукции, как метода опытного познания действительности. Но это был «глас вопиющего в пустыне». Потребовалось время и активное выступление облеченного государственной властью лорда-канцлера Ф. Бэкона в пользу элиминативной индукции, чтобы подготовленный временем слух научной Европы вял ему. Необходимо при этом подчеркнуть, что элиминативная индукция интересовала Ф. Бэкона прежде всего как метод познания действительности, метод открытия новых научных законов. Логическая же форма этого метода была для него делом второстепенным. Его таблицы присутствия, отсутствия и степеней, учение о прерогативных инстанциях, несомненно, рассматривались им прежде всего как важнейшие методологические подспорья для нахождения учеными истинных «форм», но их логический статус его интересовал мало. Преобразование элиминативного индуктивного метода в специфическую логическую форму, в индукцию как вывод было самостоятельной задачей, содержательное решение которой удалось лишь Дж. Гершелю, а формально-логическое оформление — Дж. Ст. Миллю. Как известно, Милль определял индукцию как метод «открытия и доказательства» причинных зависимостей. Нередко это определение критиковалось за якобы имеющееся в нем сме-

шение контекста открытия причинного закона с контекстом его обоснования. На наш взгляд, в этом определении никакого смешения нет. Здесь Миллем просто фиксируется различие элиминативной индукции как метода и как вывода: как метод, индукция — это прежде всего способ открытия эмпирических законов, как вывод — способ их обоснования по определенным логическим схемам («канонам»). Эта двуединая, методологическая сущность индукции и нашла свое отражение в определении Милля.

Различение индукции₁ как метода и как вывода имело место и при разработке в XVIII—XIX вв. такого вида индукции₁, как обратная дедукция. Решающий вклад здесь внесли И. Ньютон, В. Уэвелл и особенно Ст. Джевоис. Рассматривая соотношение индукции и дедукции, Джевоис писал: «В дедукции мы имеем дело с развитием выводов из закона. Индукция же есть совершенно обратный процесс. Здесь даются известные результаты и требуется открыть общий закон, из которого они вытекают» [4, с. 11]. Вот почему индукцию как обратную дедукцию называют часто «объясняющей индукцией». Ньютон, Уэвелл и Джевоис трактуют индукцию прежде всего как метод, а именно как метод открытия общих законов и принципов, объясняющих известные факты и менее общие законы и принципы. При этом все они прекрасно сознавали неоднозначный (и в этом смысле не чисто логический) характер движения познающей мысли при индуктивном восхождении от фактов к объясняющим их законам и принципам. Вместе с тем индуктивное восхождение не является с их точки зрения и чисто произвольным, полностью интуитивным, никак не регулируемым нормами логики процессом. Логика здесь играет важную регулируемую роль, позволяющую сделать «правильное» индуктивное восхождение. Индуктивное восхождение является правильным тогда, и только тогда, когда факты (основа, исходный пункт индуктивного восхождения) могут быть число логически (дедуктивно) выведены из предложенного для их объяснения закона или принципа. Именно поэтому индукция с этой точки зрения есть методологическая, а не чисто интуитивная или чисто логическая операция, хотя интуитивный и логический аспекты присутствуют в индукции как обратной дедукции, будучи слиты в ней воедино. Осознание существенно неоднозначного характера подавляющего большинства индуктивных выводов этого типа привело к попыткам вероятностного измерения степени «индуктивной выводимости» гипотезы из данных опыта или «степени ее подтверждения» последними (Г. Лейбниц, Ст. Джевоис, Дж. Кейнс, Г. Джеффрис и др.). Впоследствии это приведет к отождествлению понятий «индуктивный аргумент» и «вероятностный вывод» (Р. Карнап и др.), и, таким образом, именно концепция индукции₁ как обратной дедукции явилась историческим и логическим мостом от понятия индукции₁ к понятию индукции₂.

Третьим важным аспектом развития понятия индукция₁ от абстрактного к конкретному явилось различение индукции₁ как вывода на материальную и формальную. Формальная индук-

ция₁ — это индукция как вывод только с точки зрения ее логической формы, без всякой связи с содержанием посылок индукции, от которого полностью отвлекаются. Формальная индукция — это любое рассуждение, посылки которого по своей логической форме имеют частный характер, а заключение — общий. Спецификация содержания посылок (обыденное, конкретнонаучное, философское или просто вымышленное знание) здесь не принимается во внимание. Материальная же индукция₁ — это рассуждение (вывод) от частного к общему с учетом не только его логической формы, но и его содержания. Наиболее важным видом материальной индукции является тот, когда содержанием посылок являются опытные данные (данные наблюдения и эксперимента). Когда в науке говорят об индуктивных выводах, то, как правило, имеют в виду именно материальную индукцию как логический способ движения научно-исследовательской мысли от опыта к теории, в плане как получения новых научных законов путем обобщения опытных данных, так и обоснования имеющегося научного знания эмпирическим путем. Объектом критики многих философов часто была не индукция вообще, а именно формальная индукция, чисто формальный подход к анализу движения познающей мысли от опыта к теории. Благодаря различению формальной и материальной индукции Дж. Ст. Миллю удалось четко сформулировать главную тайну индукции: «Почему в иных случаях единичного примера достаточно для полной индукции, тогда как в других даже мириады согласных между собой примеров, при отсутствии хотя бы одного исключения, известного или предполагаемого, так мало дают для установления общего предложения? Всякий, кто может ответить на этот вопрос, ближе знает философию логики, чем мудрейший из древних философов: он разрешил проблему индукции» [12, с. 251].

Среди видов материальной индукции различают научную и ненаучную индукции. Первая в отличие от второй опирается в своих посылках не на всякие, а только на существенные свойства и отношения, благодаря чему достоверность ее заключений (индуктивных обобщений) имеет доказательный характер, хотя по логической форме она представляет собой пример неполной индукции. Тогда как доказательность любых дедуктивных выводов не зависит от содержания посылок, а только от их логической формы, для многих индуктивных выводов имеет место обратное. Здесь учет содержания посылок и, в частности, учет релевантности и существенности заключенной в них информации имеет первостепенное значение для оценки правильности и доказательности сделанных индуктивных заключений. Это говорит о том, что между свойствами дедуктивных и индуктивных выводов нет полной симметрии. В отличие от дедукции индукция₁ является существенно содержательно-логической операцией. В современной практике построения различных систем индуктивной логики это отличие учитывается в виде проблемы релевантности информации, содержащейся в посылках индуктивного аргумента, по отношению к информа-

нии, содержащейся в его заключении. Как справедливо отмечал в свое время В. Минто [13], посыпки материальной индукции суть как правило, не просто данные опыта, а данные опыта с некоторыми дополнительными признаками, а именно признаками сходства, повторения. В них содержится как бы подсказка Природы о возможном существовании закона, намек на то, что данное сходство, данное повторение является не случайным, а закономерным. Материальная индукция, хотя и является, как правило, незаконной логической операцией (за исключением крайне редкого случая полной индукции), однако тем не менее есть операция явно рациональная, ибо не доверять опыту и не использовать шанс открыть закон с помощью индукции, следуя подсказке Природы, было бы явно неразумным. В своей сути индуктивная стратегия исследования в науке есть не что иное, как требование опираться на эмпирический опыт как при открытии, так и при обосновании (подтверждении) научных законов и теорий. Эта стратегия направлена против стремления находить и обосновывать научные законы чисто умозрительным способом, например опираясь только на интуицию или только на общие философские соображения (натурфилософский подход). Правда, Природа является мудрым учителем. Она никогда не говорит своим ученикам готовых ответов, а только подводит их к ним, вынуждая каждый раз самостоятельно принимать решения и нести за них ответственность.

Наконец, четвертым основным направлением в историческом и логическом развитии индукции₁ от абстрактного к конкретному явилось выделение и разработка различных функций, выполняемых ею в процессе познания. Эти функции можно выделить по трем различным основаниям в зависимости: 1) от познавательных задач, 2) от уровня знания и 3) от типа знания. Конечно, при этом принимается во внимание и специфика разных видов индукции [8, с. 138—153].

С точки зрения познавательных задач индукция₁ обычно рассматривалась в двух основных аспектах: 1) как метод открытия нового знания и 2) как метод обоснования гипотез и теорий. Особое значение при этом придавалось изучению указанных функций индукции в процессе научного познания, поскольку здесь движение от опыта (данные наблюдения и эксперимента) к теории (как в плане открытия новых научных обобщений, так и в плане их обоснования) является необходимым системообразующим моментом функционирования и развития знания. Конечно, попытки классических индуктивистов (Ф. Бэкон, Дж. Ст. Милль и др.) свести все многообразие движения от опыта к теории только к индукции, объявить индукцию основным и даже единственным методом «открытия и доказательства» научных законов оказались явно несостоятельными. Это прекрасно показал Ф. Энгельс, который писал, что «восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [1, с. 540]. В получении нового знания важную роль играют также такие методы познания, как моделирование, идеализа-

ция, аналогия, интуиция. С другой стороны, хотя некоторые индуктивные способы рассуждения (полная перечислительная индукция, математическая индукция, схемы элиминативной индукции) могут служить методами доказательства научных обобщений, в большинстве случаев, однако, индуктивные способы рассуждения (неполная индукция через перечисление, индукция как обратная дедукция) могут выступать лишь методами подтверждения общих законов и принципов. Удел индукции₁ — в основном предположительное знание, выдвижение и частичное обоснование гипотез. Однако на этом основании было бы неправильно отрицать за индукцией роль необходимого общенаучного метода познания, как это делали многие философы (И. Кант, Г. Гегель, П. Дюгем, К. Поппер). В споре с априористами и конвенционалистами индуктивисты справедливо указывали на целый ряд действительно важных познавательных функций индукции как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях научного познания.

Особенно большую роль индукция₁ играет на эмпирическом уровне познания, где она выступает: 1) одним из методов образования эмпирических понятий, 2) основой построения различного рода естественных классификаций, 3) одним из методов открытия эмпирических гипотез (эмпирических обобщений, причинно-следственных законов и т. п.), 4) одним из методов подтверждения и обоснования эмпирических законов. При реализации этих функций индукции₁ используются различные ее виды. Так, например, при образовании эмпирических понятий используется в основном перечислительная индукция. Роль перечислительной индукции как необходимой логической операции при образовании эмпирических понятий была в свое время убедительно раскрыта Ст. Джевонсом [4]. Именно чувственный опыт, анализ, сравнение и индукция лежат в основе образования эмпирических понятий, составляя начальную ступень обыденного и научного познания. Важную роль играет индукция и в построении различного рода эмпирических или естественных классификаций в науке. На первоначальных этапах становления любой конкретно-научной дисциплины такие классификации не только неизбежны, но представляют собой важный шаг на пути восхождения от абстрактного к конкретному при постижении сущности изучаемого объекта. Известные естественные классификации в ботанике, зоологии, геологии и других науках — это не только вчерашний день этих наук, но и существенный элемент их современного содержания. Наконец, на эмпирическом уровне познания индуктивные способы рассуждения играют важную роль при открытии и обосновании различного рода эмпирических зависимостей. Причем последние в принципе могут иметь сколь угодно высокий уровень общности. Например, открытые И. Кеплером законы движения планет были получены с помощью индукции как обратной дедукции на основе анализа тщательных астрономических наблюдений Тихо де Браге. В свою очередь, кеплеровские законы сами выступили в качестве одного из индуктивных оснований механики И. Ньютона. Будучи высе-

димы из динамики Ньютона, они явились ее блестящим подтверждением.

При этом в противоположность современным антииндуктивистам мы считаем, что функция индукции, быть методом открытия и частичного подтверждения гипотез фактами относится не только к прошлому науки, но и к ее сегодняшнему дню. Как справедливо отмечает А. И. Ракилов, «желают того К. Поппер и его последователи или нет, но индуктивные обобщения, индуктивные экстраполяции и методы элиминативной индукции, рассчитанные на оценку и исключение конкурирующих гипотез, фактически работают почти во всех областях современной науки» [17, с. 366]. Дело в том, что эмпирический уровень в любой науке имеет относительную самостоятельность по отношению к теоретическому уровню, хотя, конечно, степень зависимости эмпирии от теории в современной науке резко возросла.

Отличительной чертой современной науки является наличие в ее структуре мощного слоя конкретно-научного теоретического знания. Каковы функции индукции, на этом уровне научного знания? Может ли индукция, быть методом получения (открытия) и обоснования научно-теоретического знания? Очевидно, что ответ на этот вопрос существенно зависит от понимания самого теоретического знания и характера его отношения к эмпирическому знанию. Индуктивисты, положительно отвечавшие на сформулированный вопрос, обычно отрицали качественную специфику теоретического знания по сравнению с эмпирическим и трактовали теоретическое знание либо просто как эмпирическое знание более высокой степени общности (Ф. Бэкон, Дж. Гершель), либо как лингвистическое сокращение («стенограмм» — Дж. Ст. Милль) эмпирического знания. Методологической предпосылкой и в том и в другом случае выступала редукционистская идея частичного или полного сведения теоретического знания к эмпирическому, несостоятельность которой достаточно хорошо показана в современной литературе [19; 20]. В отличие от эмпирического знания, представляющего собой совокупность утверждений об эмпирически данных объектах, теоретическое знание в своей основе является совокупностью утверждений об идеальных, мысленных объектах, основным методом получения которых является идеализация [18, с. 145]. На эту сторону обращал внимание Ф. Энгельс при обсуждении природы теоретического знания в термодинамике (идеальная паровая машина) и математике.

Признание качественного различия между эмпирическим и теоретическим знанием с необходимостью показывает неправомерность попыток трактовать индукцию как метод получения теоретического знания из эмпирического, а теоретическое знание — как результат простого индуктивного обобщения данных опыта. И тем не менее индукция играет важную роль на теоретическом уровне познания, выступая методом частичного подтверждения научной теории. Правда, этот процесс не является чисто логическим. Для того чтобы имело место индуктивное обоснование науч-

ной теории, необходимы, во-первых, эмпирическая интерпретация данной теории и, во-вторых, совпадение следствий эмпирически интерпретированной теории с опытом. Таким образом, мы всегда имеем дело с индуктивным подтверждением не теории самой по себе, а лишь системы «теория + ее определенная эмпирическая интерпретация». Индуктивное подтверждение любой научной теории имеет безусловно важное значение при оценке степени ее обоснованности, ибо одна из главных функций научных теорий — том и состоит, чтобы объяснять и предсказывать эмпирические факты.

Это относится не только к теоретическим построениям естествознания и гуманитарных наук, но и к высокоабстрактным построениям математики. Важную роль индукции₁ в процессах открытия и обоснования математических теорий подчеркивали такие известные ученые прошлого, как Л. Эйлер, К. Гаусс, Н. Лобачевский, а в наше время эта идея активно разрабатывается и защищается в работах Д. Поля [14] и академика Н. Н. Яненко [23].

Необходимо подчеркнуть, что в этих работах речь идет не только и даже не столько о методе математической индукции как специфической форме математического доказательства, сколько именно о роли классической индукции (индукции₁) в математическом познании. При этом, если Д. Поля показывает широкое применение в математике индукции как обратной дедукции («Будем учиться не только доказывать, но и догадываться»), то Н. Н. Яненко ставит вопрос гораздо шире. Он вводит очень важное, на наш взгляд, различие внешней и внутренней индукции: «Внешняя индукция означает переход от внешних по отношению к математике разрозненных фактов и утверждений к единой математической теории или модели. Внутренняя индукция означает переход от чисто математических фактов и утверждений к некоторой математической теории, объединяющей их на общей логической основе... Если внешняя индукция является в основном делом прикладной и вычислительной математики, то внутренняя индукция — теоретической математики. В любом случае мы имеем процесс обобщения и абстрагирования: в первом случае — переход от физической разрозненности к математической общности, во втором — от разрозненности математических соотношений к общей логической надстройке. Оба процесса развиваются весьма интенсивно... С развитием ЭВМ внешняя индукция приняла характер бурного развития математического моделирования и численных алгоритмов» [23, с. 60].

Наконец, можно поставить вопрос о роли индукции в философском познании. Этот вопрос еще слабо разработан в логико-методологической и философской литературе. Необходимо подчеркнуть, что индуктивное подтверждение философских концепций данными науки и социальной практики рассматривалось классиками марксизма-ленинизма в качестве важнейшего критерия отличения научной философии от различного рода ненаучных, вулгарных, схоластических философских построений. Ярким при-

мером в этом отношении является критика Ф. Энгельсом натур-философских построений Е. Дюринга. В. И. Ленин, разрабатывая в «Философских тетрадах» вопрос о создании марксистской диалектической логики, также подчеркивал необходимость сознательной опоры на всю историю научного познания и техники. В. И. Ленин придавал огромное значение тесному союзу диалектико-материалистической философии с современным естествознанием. Требование индуктивного подтверждения выводов философии данными науки и практики является существенным моментом диалектико-материалистического учения о природе философского знания, о необходимости учета этих условий научности и объективной истинности философских концепций.

К подобным оценкам роли индукции¹ в философском познании приходят и некоторые представители современной «философии науки». Такой подход характерен, в частности, для И. Лакатош [7] и В. Салмона [28] при обсуждении проблемы отличия научной методологии от искусственных методологических построений, а также в связи с нахождением критерия выбора наилучшей из «работающих» методологий. Решая эту проблему, Лакатош совершенно справедливо указывает на то, что принятие той или иной методологии не может быть чисто конвенциональным актом, ибо в таком случае «все кошки серы» и мы с самого начала отказываемся от поиска объективных оснований для выбора наилучшей методологии. Отсюда он приходит к выводу, что при оценке любой методологической концепции мы должны опираться на некоторый «глобальный принцип индукции», показывающий, что некоторая методология стоит ближе к объективной истине, чем другая. В качестве критерия такого приближения им предлагается степень подтверждения методологической концепции фактами реальной истории науки. «История, — замечает Лакатош, — может рассматриваться как „пробный камень“ ее рациональных реконструкций» [7, с. 239]. И с этим нельзя не согласиться. Действительно, методология не может считаться научной, если ее выводы не соответствуют реальной познавательной деятельности ученых. В этом смысле индуктивное подтверждение методологических концепций фактами из истории науки, а также современной научной практикой безусловно является необходимым и важным фактором обоснования той или иной методологической концепции. Однако было бы неверно на этом основании сводить, как это фактически делает Лакатош, проблему обоснования и выбора наилучшей методологической концепции лишь к степени ее индуктивного подтверждения. Необходимо подчеркнуть, что здесь еще в большей степени, чем в случае с конкретно-научной теорией, оценка обоснованности и приемлемости методологической концепции зависит не только от степени ее индуктивного подтверждения, но и от общей вписываемости данной концепции в весь «социокультурный фон», от ее гармоничной связи с философией и другими элементами культуры [21, с. 118—137].

Таким образом, в ходе развития индукции классическая ин-

дукция выполняет ряд важных функций на всех уровнях научного познания: эмпирическом, теоретическом, философском. Попытки апприористов и конвенционалистов вообще отрицать какое-либо ее значение для науки столь же несостоятельны, как и прямо противоположное стремление классических и современных индуктивистов абсолютизировать ее роль в процессе познания. Анализ развития индукции, от абстрактного к конкретному показывает большие эвристические возможности этого важного метода познания действительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 45.
3. Аристотель. Аналитика. М., 1952.
4. Джевонс Ст. Основы науки: Трактат о логике и научном методе. СПб., 1881.
5. Кайберг Г. Вероятность и индуктивная логика. М., 1978.
6. Котарбинский Т. Избр. произведения. М., 1963.
7. Лакатош И. История науки и ее рациональные реконструкции // Структура и развитие науки. М., 1978.
8. Лебедев С. А. Индукция как метод научного познания. М., 1980.
9. Лебедев С. А. Проблема индукции в концепциях познания ранних античных философов // Вестн. МГУ. Философия. 1972. № 3.
10. Лебедев С. А. Роль индукции в процессе функционирования современного научного знания // Вопр. философии. 1980. № 6.
11. Маковельский А. О. История логики. М., 1907.
12. Милль Дж. Ст. Система логики силлогистической и индуктивной. М., 1899.
13. Минто В. Дедуктивная и индуктивная логика. М., 1901.
14. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1975.
15. Попов П. С., Стяжкин П. И. Развитие логических идей от Античности до эпохи Возрождения. М., 1974.
16. Пятницын Б. Н., Субботин А. Л. О характере и теории индуктивных умозаключений // Логика и эмпирическое познание. М., 1972.
17. Ракизов А. И. Философия, индукция и вероятность // Кайберг Г. Вероятность и индуктивная логика. М., 1978.
18. Рутковский Л. В. Критика методов индуктивного доказательства // Избр. тр. русских логиков. М., 1956.
19. Смирнов В. А. Уровни знания и этапы процесса познания // Проблемы логики научного познания. М., 1964.
20. Таванец Н. В., Шевырев В. С. Логика научного познания // Проблемы логики научного познания. М., 1964.
21. Философия и наука. М., 1973.
22. Хинтиikka Я. Логико-эпистемологические исследования. М., 1980.
23. Яненко Н. Н. Методологические проблемы современной математики // Вопр. философии. 1981. № 8.
24. Apelt E. Theorie der Induction. Leipzig, 1854.
25. Carnap R. Logical foundations of probability. Chicago, 1971.
26. Lebedev S. A. Induction, and induction, // 7th Intern. Congr. of logic, methodology and philosophy of science: Abstr. Salzburg, 1983. Vol. 1.
27. Popper K. Theories, experience and probabilistic intuitions // The problem of inductive logic. Amsterdam, 1968.
28. Popper K. The calculus of probability forbids ampliative probabilistic induction // 7th Intern. Congr. of logic, methodology and philosophy of science: Abstr. Salzburg, 1983. Vol. 1.
29. Reichenbach H. Theory of probability. Berkley, 1949.
30. Salmon W. The justification of inductive rules of inference // The problem of inductive logic. Amsterdam, 1968.
31. Wright G. von. A treatise on induction and probability. N. J., 1968.

ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА КАК АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

Дискуссии о значении индуктивной логики для науки, как, впрочем, и дискуссии о значении логики дедуктивной, оказались очень продолжительными. Более того, логика за 2000 лет довольно существенно изменилась, а о дискуссиях этого нельзя сказать. Они в основном происходят все в тех же рамках: нужна ли логика для науки, и если нужна, то в качестве органа или канона, т. е. является ли логика инструментом для открытия тех или иных истин или лишь инструментом анализа этого открытия.

Мы не собираемся анализировать здесь все эти дискуссии от античности до наших дней, хотя задача эта сама по себе была бы небезынской. Мы хотим лишь показать, какую роль играла или, точнее, могла бы играть индуктивная логика в становлении определенной конкретной науки. В качестве анализируемого материала мы выбрали становление такой важнейшей современной науки, как микробиология. Разумеется, такой выбор объясняется определенными склонностями авторов. Что же касается выбора именно периода становления этой науки, то это объясняется тем, что существует, как известно, весьма распространенное мнение, будто именно в этот период, т. е. в период появления первых эмпирических теорий, в которых обобщаются разрозненные эмпирические факты, индуктивная логика играет (если ее рассматривать как орган) или может играть (если ее рассматривать как канон) наиболее важную роль. Правда, это распространенное мнение относится главным образом к так называемой классической индуктивной логике, т. е. считается, что в период становления наук наибольшую роль для них играет именно элиминативная индуктивная логика.

В соответствии с почти принятой теперь периодизацией развития индуктивной логики мы будем выделять в ее истории три периода:

- 1) период античности, включая средние века (от Аристотеля и Филодема до XVI в.);
- 2) период классической индуктивной логики (от Ф. Бэкона до Дж. Венна);
- 3) современный период, начинающийся с Дж. Кейнса.

Для целей нашей статьи будет достаточно сказать, что первый период характеризуется в основном рассмотрением полной и неполной эnumerативной индукции; во втором периоде акцент делается преимущественно на элиминативной индукции; третий период знаменует переход к рассмотрению конформативной индукции. Из этого, разумеется, не следует, будто во втором периоде совершенно не рассматривается эnumerативная индукция, а в

третьем наряду с конформативной не исследуется эnumerативная и элиминативная. Известна, например, попытка построения Лапласом вероятностной модели эnumerативной индукции (второй период). В настоящее время существуют многочисленные исследования построения моделей вероятностного и невероятностного характера, как эnumerативной, так и элиминативной индукции. Нам, однако, было важно отметить, что в истории развития индуктивной логики существует указанная тенденция.

Очень важным для данной работы является то, что мы рассматриваем всякую логику, т. е. как дедуктивную, так и индуктивную, как функциональную модель некоторой содержательной логики, а именно логики человеческого мышления. Это прежде всего означает, что термин «инструмент» не является для нас простой метафорой. В некотором отношении как раз наоборот, он используется здесь нами в самом прямом смысле. Действительно, развивая идею Маркса о том, что инструмент можно рассматривать как «продолжение» соответствующего органа действия (орудие) или органа чувств (прибор), мы в соответствии с современными положениями о моделировании [11; 12] могли бы сказать, что инструмент выступает в качестве функциональной модели соответствующего органа действия или чувств.

Мы будем отличать инструменты предметно-орудийного познания от инструментов модельного познания. В первом случае, как отмечает Маркс в «Капитале», инструмент обнаруживает «сходство с объектом». Пользуясь его терминологией, мы бы сказали, что эти инструменты выступают не только как функциональные, но и как структурные модели соответствующих органов субъекта. Во втором случае инструменты выступают соответственно не только как функциональные, но и как структурные модели объекта. Конечно, как правило, структурное моделирование в этих случаях производится на различных уровнях детальности, чаще всего, особенно в сложных случаях, это будут блок-схемы, однако для целей нашей статьи это не будет иметь значения.

Для нас гораздо важнее отметить, что независимо от того, принадлежит ли инструмент предметно-орудийному или модельному познанию, он моделирует, как правило, лишь одну из функций оригинала или, во всяком случае, некоторый подкласс класса реализуемых этим оригиналом функций. Иными словами, оригинал, как правило, является многофункциональной системой, в то время как инструмент (функциональная модель оригинала) выступает как система однофункциональная или, по крайней мере, гораздо менее многофункциональная, чем оригинал. Зато инструмент реализует соответствующую моделируемую им функцию в каких-то определенных отношениях много лучше, чем оригинал¹.

¹ Тот факт, что в действительности инструмент зачастую не сам реализует какую-то функцию, но лишь с помощью субъекта, т. е. что инструмент обладает функциональным аспектом не актуально, а потенциально, вносит лишь мнимые трудности, с которыми, по существу, справлялся еще Аристотель.

Ясно, например, что рука, вооруженная иглой или топором, лучше реализует соответствующие функции, чем рука без этих инструментов.

Понятно, что формальная логика выступает как инструмент модельного познания, являясь функциональной моделью некоторой машины (ее часто называют содержательной логикой, или логикой собственно человеческого мышления), в качестве которой выступает мозг человека, пытающегося прийти к определенным умозаключениям посредством рассуждений. В том же самом смысле мы можем сказать, что все математические инструменты от древнего абака или счетов до современных компьютеров являются функциональными моделями той машины, в качестве которой выступает мозг человека, который решает разнообразные математические задачи — от простейших арифметических вычислений до современных математических расчетов. Тот факт, что абак, как и компьютеры, являются материальными моделями, в то время как логика — формальной моделью соответствующих оригиналов, совершенно несуществен, поскольку инструмент рассматривается именно как функциональная модель.

Возможно, что формальная логика, подобно другим инструментам, выступает, как правило, именно как однофункциональная система, моделирующая одну из функций такой многофункциональной системы, как «содержательная логика». Это показывает, в частности, почему многочисленные дискуссии между сторонниками единственности и множественности логик часто (хотя и не всегда) являются спором о словах. Действительно, логика одна, если мы имеем в виду содержательную логику, собственно логику человеческого мышления. Эта логика одна, но она является многофункциональной, в принципе даже бесконечнофункциональной системой, однако, если брать логику, моделирующую различные функции этой содержательной логики с различными степенями точности, надежности, удобства и пр. и пр., то таких логик-моделей, являющихся однофункциональными системами, существует и принципиально может существовать бесконечно много.

Абсолютно верным остается и то, что мозг, выступающий в качестве «машины для делания умозаклучений посредством рассуждений», будучи вооружен формальной логикой, действует более четко, точно, надежно и мощно, чем без этой логики. Необходимо только каждый раз отдавать себе отчет, в качестве какого именно инструмента используется или может быть использована данная конкретная формально-логическая система, чтобы не оказаться в положении «неумехи», которая «решетом воду нашивала, долотом траву кашивала».

Как отмечает С. А. Яновская, «правила логики основаны не только на тех законах, по которым происходит действительное мышление у людей. Даже там, где это возможно, и могло бы облегчить работу, люди обычно не выводят логические следствия путем, например, приведения конъюнкции посылок к совершенной конъюнктивной нормальной форме или силлогистическому многочле-

пу, как это делается в некоторых современных логических исчислениях. В практике своего повседневного мышления они не пользуются правилами силлогистики Аристотеля, хотя последние были установлены уже более двух тысяч лет назад. Они мыслят в действительности не формально, но содержательно» [20, с. 7]. Но, желая проанализировать какие-либо конкретные рассуждения: доказать их ошибочность или, наоборот, их правильность, мы действительно используем логическую технику, в частности и силлогистику Аристотеля. Для такой цели (анализировать и выявлять ошибочность рассуждений софистов) она и была придумана, именно не выявлена в их рассуждениях, но придумана как некоторая модель для анализа этих рассуждений и их ошибочности [17].

Задача нашей статьи заключается в том, чтобы показать, что те индуктивные логики, с которыми мы имели дело от античности до наших дней, будь это эnumerативная, элиминативная или конфирмативная индукция, также являются инструментами анализа имеющегося знания; что в решении этой задачи индуктивная логика оказывается действительно одним из необходимейших, хотя и не единственным нужным для этого решения инструментом; что без такой логики эта задача, собственно, не только решена, но даже как следует поставлена быть не может.

Мы вовсе не хотим сказать, что индуктивная логика принципиально не может быть использована в качестве инструмента для получения нового знания, как логика открытия. Но для того чтобы она стала таким инструментом, она должна быть построена существенно иначе, чем те индуктивные логики, о которых речь шла выше. Иначе говоря, дело здесь обстоит, в общем, так же, как в логике дедуктивной. Ведь когда последняя стала строиться как математическая логика, появилась возможность использовать ее и для получения нового знания (конструирование доказательства теорем, решение конкретных задач, поиск доказательства и т. д.), а не только для его анализа. При этом речь шла не только о знании математическом, во всяком случае, когда эта логика «встраивалась» в компьютеры.

Также обстоит дело и с индуктивной логикой. Когда ее удастся построить на достаточно формализованном языке, она сможет выступать и в качестве «логики открытий». Вообще логическая схема лишь тогда сможет стать действенным инструментом в получении нового знания, когда она действительно существенно облегчит содержательный анализ материала.

По отношению к логике это означает, что и сам ее язык, и способ расчленения и сочленения соответствующего материала должен быть близок к этому материалу, т. е., например, к соответствующим теориям, если это дедуктивная логика, к наблюдению, эксперименту или метатеоретическим рассуждениям, если это индуктивная логика соответствующих характеристик (т. е. соответственно элиминативная, конфирмативная, эnumerативная). Именно наличие этого фактора обязана математическая логика своими успехами в математике. То же можно сказать и об индуктивной

логике. Те же миллевские схемы смогут стать инструментом для получения нового знания лишь в том случае, если они будут положены в основу программ, приспособленных специально к решению тех или иных конкретных задач. Иными словами, если они будут служить тем алгоритмом (точнее, основой того алгоритма), который будет разворачиваться в подробную программу соответствующих задач [13; 14; 16].

В условиях становления классической науки (главным образом микробиологии) такая задача, естественно, не могла быть не только решена, но даже сколько-нибудь осмысленно поставлена. Индуктивная логика того времени, как, впрочем, и логика дедуктивная, строилась исключительно на содержательном языке, поэтому о каком-либо серьезном применении ее для прикладных целей, тем более для целей получения нового знания, конечно, не могло быть и речи. Но для целей теоретико-познавательных, в частности, для анализа уже имеющегося знания в определенном срезе, она, несомненно, была пригодна. Поэтому мы и утверждаем, что индуктивная логика этого периода, как и логика дедуктивная, играла в основном методологическую роль, поскольку могла по-настоящему использоваться лишь для теоретико-познавательных задач того времени. Именно к логике этого периода в наибольшей степени относятся слова Рейхенбаха: «Анализ научных открытий не является делом логики; все, что мы можем сделать, это анализировать отношение между данными фактами и теорией, претендующей на объяснение этих фактов. Другими словами, логика имеет дело только с контекстом оправдания» [22, с. 231]. В нашей статье, однако, мы собираемся защищать лишь часть этого тезиса, а именно показать, что индуктивная логика от античности до наших дней никогда не имела и не могла иметь в классической науке прикладного значения.

Микробиология как наука возникла в XIX в., но смутные представления о существовании мира микроорганизмов задолго до этого волновали умы ученых. Однако они не смогли поколебать так называемую «миазматическую теорию» эпидемических болезней, выдвинутую еще Гиппократом (475—380 до н. э.). Согласно Гиппократу, воздух во время эпидемий выделяет особое болезнетворное испарение, «миазмы», вдыхая которые, заболели все окружающие: «...когда воздух будет наполнен миазмами такого рода, которые враждебны природе людей, тогда люди болеют» [4, с. 266]. Следует, впрочем, отметить, что уже во времена Гиппократа миазматические представления переплетались с примитивными контагионистскими — болезнь передается через прямое соприкосновение здорового человека с больным. Так, современник Гиппократа, историк Фукидид (471—391 до н. э.) описывает эпидемию, наблюдавшуюся во время Пелопоннесской войны: «Люди при уходе друг за другом заражались и умирали. Наибольшая смертность происходила именно от заразы» [18, с. 51]. Смешение миазматических и контагионистских представлений встречается у многих других авторов, например у Тита Лукреция Кара (99—

55 до п. э.) в его знаменитой поэме «О природе вещей»:

«...Существует немало семян всевозможных,
Как указал я уже, из которых одни животворны,
Но и немало таких, что приводят к болезни и смерти,
К нам долетая. Когда они вместе сойдутся случайно
И небеса возмутят, смертельным становится воздух».

[5, кн. VI, стихи 1090—1095]

Тем не менее в медицине господствующей теорией фактически вплоть до XVII в. была именно миазматическая. Время шло, и многовековое господство представлений о миазмах как причине различных заболеваний мало-помалу подрывали факты реальной жизни; так, в периоды жестоких эпидемий становилась очевидной опасность, которой подвергались люди в случае прямого контакта с заболевшими или с предметами их обихода. Миазматическая теория мешала принятию мер, необходимых для предупреждения заболеваний, поэтому известный итальянский врач Джироламо Фракасторо (1478—1553) придавал гораздо большее значение контагионистской теории. Однако, как мы можем заключить из его труда «О контагии, контагиозных болезнях и лечении» (1546), он, зная от предшественников и из своей богатой практики (наблюдал чуму и сыпной тиф, оспу и корь, бешенство и туберкулез, сифилис и проказу) о контактном пути заражения, равно как и о возможности передачи некоторых инфекций воздушным путем, не пытался исключить какой-либо из этих путей, а искал, каково различие между ними. Он считал, что «миазма» (которую он называл «простой пар») производит в теле «закупорку и загнивание», а «семена» контагия «производят не только это, но гораздо большее: они одновременно создают подобные себе другие семена, как бы потомство, которое, будучи перенесено на другого, вносит в него контагии» [17, с. 13]. Сделав вывод, что основное отличие «семян» от «миазмов» заключается в их способности к воспроизведению себе подобных, Фракасторо идет дальше в своих заключениях: «Одни семена порождают одно потомство, а другие — другое» [17, с. 196—197], т. е. он говорит даже о специфичности возбудителей, как мы сформулировали бы это сейчас.

Созданное Фракасторо до определенной степени законченное представление о «живом контагии» дало ему возможность правильного подхода к лечению заразных заболеваний. «Если правильно то, что выше было изложено о контагии, то контагиозные болезни, несомненно, требуют особого и определенного лечения именно потому, что они контагиозны» [17, с. 101]. Он рекомендует пользоваться прижигающими средствами, но только в тех случаях, «когда контагий паходится снаружки и только что начал развиваться... Если контагий уже укоренился и проник в глубину, то наружным применением прижигающих ты нисколько не поможешь» [17, с. 110—111]. В таком случае рекомендуется «опорожнение», которое, «без сомнения, осуществимо с большим трудом, так как эти семена рассеиваются повсеместно и сами по себе не

могут быть выведены легко... Главный способ выведения — это применение лекарств слабительных, потогонных и мочегонных» [17, с. 105].

Очень интересные обобщения были выдвинуты Фракасторо относительно связи между брожением, гниением и инфекцией. Он пытался определить, насколько выдвинутое им положение о существовании живого contagia приложимо ко всем этим явлениям, поскольку инфекция в то время рассматривалась как гниение соков тела, а брожение — как возможный результат «гниения» плодовых соков, так сказать, доброкачественное гниение в отличие от порчи. «Contagium, — писал он, — распространяющийся между плодами, например, от одной кисти винограда к другой, от яблока к яблоку, по-видимому, представляет совершенно то же, что и contagium, передающийся лишь через соприкосновение... Так как первый плод, с которого поражение переходит на все другие, загнил, то второй, нужно думать, воспринял подобное же гниение... Гниение есть разложение состава с испарением природной теплоты и влаги. Началом этого испарения всегда является инородная теплота, находящаяся или в воздухе, или в окружающей влаге. Следовательно, то, что является началом гниения в обоих плодах, будет и началом contagia» [17, с. 16]. «Но в первый плод, — говорит он затем, — оно приходит или из воздуха, или из чего-то другого, и это еще не называется contagium; во второй же оно приходит с теми не доступными нашим чувствам частицами, которые испаряются из первого, и это уже contagium», «то же самое происходит и во всех других случаях от соприкосновений гниющих тел» [17, с. 17].

Следовательно, всякое гниение связано с наличием contagia, но: «Всякий ли contagium заключается в некотором гниении? Это сомнительно: так, бешенство contagioзно, но не является гниением». Так иногда происходит только одно разложение состава, одно лишь испарение влаги и природной теплоты; но при этом не происходит никакого нового зарождения; это называется простым гниением. Иногда же вместе с испарением происходит и зарождение ... когда вино просто загнивает, оно протухает и становится противным на вкус. Иногда же оно просто загнивает; одновременно происходит и некоторое зарождение, как, например, образование уксуса». «О том, что образованию уксуса предшествует некоторое гниение, свидетельствуют также молоко и слизь, которые, как только загнивают, тотчас же становятся кислыми. Надо думать, что и при бешенстве после восприятия contagia также происходит какое-то гниение, которое, однако, остается скрытым от нас, ибо гниение, которое происходит в живом теле, не бывает достаточно явным». «Итак, делая общий вывод, мы приходим к заключению, что при всех contagiaх происходит своего рода гниение» [17, с. 32].

Легко обнаружить, что в качестве инструментов анализа открытия Фракасторо или, может быть точнее, становления contagionистской концепции, с успехом могут быть использованы,

причем без всяких натяжек, но именно по существу, все три вида индукции. Действительно, ясно, что огромное количество эмпирических фактов, особенно увеличивающееся во время эпидемий, с убедительностью подводили древних и средневековых врачей к мысли о том, что распространение болезни, заражение ею существенно зависит от контактов с больным, как непосредственных, так и через пищу, воду, одежду и т. д. Конечно, заключение это можно квалифицировать как вывод по схеме общей энумеративной индукции. Но мысль о том, что болезнь вызывается некоторым невидимым, «недоступным нашим чувствам» да еще живым началом, не следует непосредственно из эмпирических фактов и не является выводом из какой бы то ни было энумеративной индукции по этим фактам. Из книги Фракасторо нам не удалось почерпнуть сведений об источнике этой мысли, но она явно связана с какими-то провидениями автора, его интуицией, воображением, но не с логическими средствами, в частности с энумеративной индукцией, будь она использована бессознательно или осознанно.

При анализе открытия Фракасторо в качестве инструмента анализа может быть использована и элиминативная индукция, о которой Фракасторо, естественно, не мог знать, поскольку известная книга Ф. Бэкона появилась через три четверти века. Действительно, обнаружение единой причины гниения, брожения и инфекции выполнено, кажется, в точном соответствии с требованиями таблиц Ф. Бэкона. Хочется даже предположить, что Ф. Бэкон, вопреки критике Ю. Либиха, утверждавшего, что методы индукции английского канцлера столь же далеки от методов научного исследования, как «детская гремушка» от «настоящей музыки» [6], изучал книги Фракасторо и, в частности, из анализа его материалов пришел к своим знаменитым таблицам. Но тут же вспоминается, что Фракасторо, несмотря на все свои гениальные догадки, вовсе не порвал с миазматической теорией Гиппократов, согласно которой болезнь трактовалась просто как гниение соков, в результате чего и выделялись соответствующие «зловредные» миазмы. Таким образом, Фракасторо пришел к мысли о единой причине брожения, гниения и инфекции не на основе анализа фактов с помощью элиминативной индукции, а просто исходя из теории Гиппократов. Указанное перечисление, таким образом, является не анализом, приведшим к открытию, а обоснованием сделанного теоретического вывода.

Наконец, открытия Фракасторо могут быть подвергнуты анализу и с помощью конфирмативной индукции. Действительно, гипотеза Фракасторо о живом контакте давала возможность выводов с помощью этой индукции положений о лечении больных, об устранении возможности распространения заболевания [6: 7]. в то время как миазматическая теория давала гораздо меньше возможности для таких выводов. Таким образом, гипотеза Фракасторо подтверждается (в смысле конфирмативной индукции) фактами правильного лечения, тогда как миазматическая теория, хотя бы и косвенно, ими фальсифицируется. Но ведь конфирмативная

индукция и не претендует на то, чтобы быть методом открытия, она с самого начала излагается как метод анализа.

Таким образом, ни бессознательно, ни осознанно ни энумеративная, ни элиминативная индукция не сыграли никакой роли в открытии Фракасторо. Оно действительно могло квалифицироваться как гениальная догадка знаменитого итальянского врача. Кстати сказать, интуитивность, иррациональность этой догадки подтверждается, на наш взгляд, и тем обстоятельством, что Фракасторо был, по-видимому, убежден, что контагий недоступен нашим чувствам не временно, но именно принципиально. Во всяком случае, ведь Фракасторо был, как известно, не только врачом, но и знаменитым мастером по изготовлению оптических стекол [14]. В сочинении «Книга о концентрических кругах или о звездах» (1538) он независимо от Леонардо да Винчи высказал идею о применении оптических стекол для рассматривания небесных светил. Естественно возникает вопрос о том, почему Фракасторо не сделал ни одной попытки использовать оптические линзы для рассмотрения предугаданного им живого контагия. На наш взгляд, ему помешала сделать это именно его установка о «недоступности» контагия для наших органов чувств. Он применял оптические стекла для разглядывания плохо видимых предметов, будь они отдалены или слишком мелки, но мысль о применении тех же линз для видения «невидимого» вследствие указанной установки не могла прийти ему в голову. Обобщения, полученные с помощью энумеративной индукции, не могут преодолеть не только парадигм, но и психологических установок.

Как известно, честь открытия невидимого мира «аппималькулей» принадлежит нидерландскому купцу А. Левенгуку (1632—1723), в свободное от торговли время занимавшемуся изготовлением оптических стекол. Но произошло это не в силу революционной смелости этого самоучки, разумеется ничего не знавшего о трудах и соображениях Фракасторо. Этот удивительный мастер-оптик, искусство которого в изготовлении линз до сих пор вызывает восхищение, рассматривал в свои «микроскопиумы» все, что ему попадалось под руку просто в силу беспредельного любопытства. Нам хорошо известны имена и заслуги многих гениев теоретических изысканий, а Левенгук был гением наблюдения. На его долю достался «удел той рабочей пчелы науки, что таскает и таскает факты, извлеченные из Природы, чтобы потом их переработали всем ульем» [3, стр. 75]. Конечно, в науке не существует так называемых «чистых фактов», фактов вне интерпретации, так же как не существует в природе пресловутой «чистой эмпирии». Ни один из научных фактов не является, говоря языком политэкономии, «сырым материалом». Он всегда есть в той или иной степени продукт труда, т. е. всегда является фактом не только эмпирии, но и какой-то теории. Но ведь во времена Левенгука в микробиологии, так же, как во времена Тихо де Браге в астрономии, не существовало еще никакой науки, никакой теории. Для Левенгука классическое изречение «каждый может посмотреть в микроскоп, но не каждый

может в него что-то увидеть», которое в настоящее время используется в основном как некоторое «*procul profani*» (без знания теории нечего браться за эксперимент) попиалось совершенно буквально. Для видения чего-то в микроскопе требовалось огромное искусство в самом прямом значении этого термина, только искусство и никакой науки. Благодаря этому неповторимому искусству он мог видеть микробов почти с той же четкостью, с какой мы видим их сейчас с применением сложнейшей техники. У Левенгука был свой личный технологический секрет, заключавшийся в выборе состава стекла, в приемах его плавки и шлифовки. Это позволяло ему создавать линзы, увеличивавшие до 275 раз, т. е. превосходившие микроскопы, созданные профессиональными оптиками того времени, состоявшие из комбинаций шести линз и лишённые вместе с тем их недостатков (сферической аберрации). Но искусство наблюдения не сводилось для Левенгука только к искусству изготовления линз. Главной чертой, характеризующей его именно как искусство, было то, что наблюдение каждого нового объекта было для него совершенно индивидуальным актом², тогда как целью науки является, как известно, разработка общих методов для наблюдения многих фактов («искусство индивидуально, наука всеобща»). Вот почему, как совершенно понятно, Левенгуку даже для чистого наблюдения никогда не требовалось какой бы то ни было индукции. Факты, добытые им, конечно, также не были сырым материалом, но благодаря его труду как художника, а не ученого.

Точно так же, как для создания современной астрономии Тихо потребовался Кеплер, так для создания микробиологии Левенгуку потребовался Пастер. Правда, этих последних разделяло гораздо большее время, чем первых; правда и то, что микробиология в отличие от астрономии является также и экспериментальной наукой и что Пастер был в отличие от Кеплера не только блестящим теоретиком и наблюдателем, но также и экспериментатором. Но все же у этих двух ученых было и очень много общего. И главное то, что созданные ими теории не были плодом чистого обобщения, осуществленного с помощью каких-бы то ни было индукций, хотя *post factum* для анализа процесса создания этих теорий эти индукции безусловно играли определенную роль.

Действительно, как известно, знаменитые три закона Кеплера очень долго трактовались как чисто эмпирические факты (например, Милль) или факты, полученные посредством чисто индуктивных методов (Уэвелл). Объясняется это, на наш взгляд, тем, что теоретические построения Кеплера носили довольно своеобразный характер и воспринимались многими учеными, даже близкими к нему по времени, например Галилеем и Ньютоном, как курьез, почему они и анализировали его результаты сами, уже своими мето-

² Известно, что Левенгук изготовил более 200 микроскопов, каждый раз видоизменяя инструмент для исследования нового объекта.

дами, а для такого анализа, как мы неоднократно отмечали, как раз оченьгодились различные индуктивные методы. Однако современные исследователи творчества Кеплера отмечают, что трактовка законов Кеплера как чисто эмпирических фактов была очень далека от «его первоначального замысла» [19, с. 54]. Как раз наоборот, он был движим в их открытии прежде всего концепцией «единой вселенной», другое дело, что объяснить эту единую вселенную действием какого-то одного механизма, например построить механическую модель этой вселенной, ему не удалось. Поэтому он без всякого предубеждения привлек для построения этого механизма самые разные, с нашей точки зрения, может быть, совершенно противоречащие друг другу представления: «когда его физика оказывается бессильной, на помощь ей приходит метафизика; когда механическая модель оказывается неспособной служить инструментом объяснения, выручает математическая модель, а теологическая аксиома в свою очередь берется в качестве связующего звена» [19, с. 47—48]. В последнем нет ничего удивительного, ибо Кеплер даже по сравнению с Галилеем и Ньютоном «гораздо более прочно связан со временем, когда анимизм, астрология, числовая магия и чародейство представляли собой проблемы для серьезного обсуждения» [19, с. 46]. Для нас было бы очень важно отметить это в связи с тем, что все эти положения анимизма, астрологии, метафизики и пр. не только играли активную роль при построении Кеплером объяснений различных фактов, но вдохновляли его интуицию во многих его замечательных открытиях. Холтон отмечает, что вследствие «сильного эмоционального темперамента» Кеплера и его «обескураживающей искренности» он как раз очень подробно описывает те пути, которые привели его к тем или иным достижениям. Среди этих путей есть упоминание обо всем, даже о тех анекдотах, которые привели его к тем или иным объяснениям или открытиям. Нет там только одного: никакого упоминания о какой бы то ни было индукции.

Как уже было отмечено, Пастер в отличие от Кеплера был экспериментатором, вследствие этого индукция должна была бы играть в его трудах гораздо большую роль, чем в теоретических исследованиях Кеплера и его наблюдениях. Некоторые исследователи творчества Пастера стояли именно на этой точке зрения. Например, К. А. Тимирязев писал о Пастере: «Пастер является как бы живым воплощением того идеала знания, который витал в восторженном воображении Бэкона... Луи Пастер и был этим гением экспериментального метода, обладавшим тайною этих „лучезарных опытов“, которые, объясняя природу, тем самым сообщают человеку власть над нею. Он был тот человек, пришествие которого торжественно возвещал Бэкон, — „человек, истолкователь природы и ее властелин“ — „*Homo naturae minister et interpres*“» [15, с. 278—279]. Однако Пастер вовсе не был только экспериментатором, той «рабочей пчелой», которая «таскает и таскает факты». Эксперимент играл для него не роль тех посылок, из которых он с помощью каких-то логических средств (главным образом элиминативной

индукции) выводил какие-то умозаключения, но доказывающую роль, т.е. роль того оселка, на котором он проверял, оттачивая, те свои гипотезы, к которым он приходил из совершенно других, не связанных с экспериментом, соображений. Характеризуя Пастера, его зять Валлери-Радо, очень хорошо знакомый с его жизнью и деятельностью, писал: «Обладая интуицией, свойственной только поэтам, он давал иногда волю своему воображению, уносившему его на такие вершины, откуда ему открывались необозримые горизонты. Внезапно, резким усилием воли он отрывался от этих мыслей и первый начинал сомневаться в их правильности. Он возвращался на землю к своим экспериментам и в поисках неопровержимых доказательств начинал снова, но уже медленно, с громадными усилиями подниматься вверх по тропинке, ведущей его к великим идеям и обобщениям» [2, с. 130]. Это можно было бы проследить буквально по всем его работам, что, конечно, невозможно сделать в одной статье. Поэтому мы ограничимся здесь лишь его отдельными работами по кристаллохимии, брожению и вакцинации. Кстати, следует заметить, что, несмотря на то что Пастер был изумительно многолик и многосторонен и брался за все, за что только можно было взяться: физика, химия, кристаллография и, наконец, биология — он везде оставил свой след. И тем не менее во всех этих, казалось бы, столь непохожих работах просматривается единая связующая нить. Пастер являлся натурой, удивительно удачно сочетавшей в себе черты художника и ученого. Следствием именно этой научно-поэтической интуиции явилась его знаменитая идея о роли симметрии и асимметрии, формы и функции в организации Вселенной от космоса до атома, в живом и неживом, в материальном и духовном. «Вселенная, — говорил он, — это асимметрическое целое. Я склонен думать, что жизнь, какой она представляется нам, должна быть не чем иным, как функцией асимметрии вселенной или тех последствий, которые она обуславливает» [2, с. 60]. Именно эта общая идея все время витала перед ним во всех его конкретных работах по кристаллохимии. Именно ею он руководствовался при отборе бесчисленных фактов, с которыми он встречался как всякий ученый и человек. «В области наблюдений, — скажет он впоследствии в одной из своих речей в Лилле, — счастливая случайность выпадает лишь на долю подготовленных умов» [2, с. 65]. Именно эту подготовленность, установку или что-то вроде локальной парадигмы и выполняла общая пастеровская идея.

Действительно, Пастер читает статью Митчерлиха и Био о том, что кристаллы солей винной и виноградной кислот, внешне совершенно сходные, тем не менее отличаются тем, что первые вращают плоскость поляризации, вторые оптически бездейтельны. Лоран показывает Пастеру как некий курьез, что вольфрамит натрия состоит из трех типов кристаллов. Пастер делает из этих и других разрозненных фактов вывод о том, что для изучения химических явлений важна форма кристаллов. Эта мысль является следствием отмеченной общей идеи. Навели Пастера на это след-

ствие отмеченные случайные факты. Далее Пастер начинает конкретно проверять эту мысль [1].

Наблюдая кристаллы винной и виноградной кислот (следуя идеям Митчерлиха и Био), он замечает гемиздричность кристаллов (т. е. наличие маленьких граней, доходящих до половины ребра кристалла) первой и сразу же предполагает, что это свойство должно отсутствовать у кристаллов второй, и хотя дальнейшие наблюдения опровергают его вывод, это не обескураживает Пастера. Продолжая наблюдения, он убеждается в том, что, хотя кристаллы виноградной кислоты также гемиздричны, но мелкие грани разных кристаллов направлены в разные стороны — у одних влево, у других вправо. Пораженный новой идеей о возможности связи между формой кристалла и направленностью вращения плоскости поляризации, он сортирует кристаллы и с радостью убеждается в правильности своего предположения. Это его открытие, показавшее, что виноградная кислота является смесью лево- и правовращающей винных кислот, заложило основы стереохимии [2].

Продолжая работу над этой проблемой, он обнаружил, что сбраживанию подвергаются только соли правой винной кислоты, в то время как соли левой остаются в жидкости. Обратив внимание на подобное явление, которое всем другим показалось бы просто курьезом, можно было только под влиянием той же общей идеи или какого-либо вытекающего из нее следствия. Обнаружение этого факта сыграло в жизни и деятельности Пастера и другую, очень важную, если не решающую роль. Оно привлекло его исследовательский интерес к явлению брожения [3]. В то время брожение считалось необъяснимым явлением. Господствовала так называемая теория Либиха, усматривавшая причину брожения в разложении белковых веществ, передающих «внутримолекулярное движение» молекулам сбраживаемого вещества. Исследуя различные виды брожения — разумеется, здесь сыграло роль стечение массы различных случайных факторов (от назначения Пастера на работу в винодельческие районы Франции до обращения к нему фабрикантов винодельческой и молочной промышленности), — Пастер установил, что они вызываются микроорганизмами разной формы. Этот решающий факт, явившийся основой революционнейшего из открытий Пастера, в корне противостоял химической теории Либиха: причиной брожения оказалось живое, а не мертвое начало — и был для Пастера также следствием его руководящей идеи или одного из ее следствий. Действительно, различие характера брожений, т. е. изменение функций, снова оказывается связанным с изменением формы. Если это изменение формы наблюдается и может наблюдаться только у живых организмов (поскольку неживое начало не может менять форму), то, значит, причиной брожения является живое начало. Это объясняло очень многое из тех проблем, которые даже не могли быть поставлены теорией Либиха, и связывало явления брожения с другими сходными явлениями — гниением и болезнями, также вызывавшимися различными микроорганизмами. Руководствуясь этой идеей, он доказал микробную

природу болезней вина, пива, шелковичных червей, разработав методы борьбы с ними, что имело колоссальное значение для промышленности и экономики Франции [4].

Эти исследования натолкнули Пастера на более общую мысль о том, что в борьбе с болезнями не только различных биологических объектов, но прежде всего человека, одним из важнейших методов является изменение природы и свойств возбудителя болезни в пугную сторону. Тимирязев считает, что «это ослабление, притупление заразы — *l'atténuation des virus*, — конечно, величайшее из открытий Пастера. Из него непосредственно вытекают все остальные» [15, с. 249].

В частности, одним из замечательнейших следствий этой постановки вопроса является возможность использования возбудителя для борьбы с ним самим — вакцинация. Однако это был весьма нелегкий путь. Начался он с того, что Пастеру пришлось отстаивать идею специфичности начал, вызывающих различные болезни человека. Для него это было достаточно очевидно, поскольку это был перенос по аналогии из технической микробиологии, где эта специфичность уже была им доказана и в отношении разных типов брожений и гниений, и в отношении болезней пива, вина, шелковичных червей и т.п. Так оправдались слова физика Р. Бойля, сказанные им 200 лет назад: «Ученый, который сумеет досконально изучить ферменты и процессы брожения, лучше, чем кто-либо другой, сможет объяснить и определенные патологические явления» [2, с. 194]. Конечно, Пастер прекрасно понимал, что одной аналогии даже и в данном случае недостаточно. В медицине в то время господствовала теория спонтанного возникновения болезней, объясняющая их происхождение чисто внутренними причинами. Poleмизируя с одним из сторонников этой теории, Пастер писал: «Вы принадлежите к той школе, которая охотно написала бы над входной дверью своего храма слова одного из членов парижской Академии медицины: «Болезнь возникает внутри нас, из-за нас и только при нашем участии». Следовательно, все патологические процессы спонтанны. Это заблуждение, повторяю, губительно для прогресса в области медицины. Как медик, так и хирург, признавшие эти теории, заходят в тупик и уже не могут рассчитывать на дальнейшие достижения в профилактике и лечении этих заболеваний» [2, с. 229]. В то время, однако, эта теория имела сильных приверженцев, яростно за нее боровшихся. Один из авторитетных представителей официальной медицины писал, возражая Пастеру: «Куда же нас может завести теория о специфичности? Применение этой теории к хроническим заболеваниям осуждает нас на поиски специфических средств лечения или вакцин, и таким образом всякий прогресс совершенно прекратится» [2, с. 198]. Поэтому Пастер прекрасно понимал, что для защиты своей теории ему придется представить очень серьезные доказательства каждого ее следствия. На одном из заседаний Академии медицины он сформулировал признаки, по которым, по его мнению, правильные теории отличаются от неправильных. «Ошибочным теориям свойственна полная

неспособность предугадать новые факты. Каждый раз, когда появляется такого рода факт, они принуждены наращивать новую гипотезу на предыдущую... Правильные теории, наоборот, являются выражением фактов, диктуются ими и подчиняются им; они с полной ясностью предвидят новые факты, так как эти факты по своей природе органически связаны с уже установленными. Одним словом, отличительным свойством правильных теорий является их плодотворность» [2, с. 217]. И Пастер приступает к кропотливому экспериментальному доказательству фактов, являющихся следствием его теории, и опровержению следствий, вытекавших из теории спонтанного зарождения. Одним из первых экспериментальных исследований в этом направлении было доказательство того, что болезнь вызывается живым началом, а не гипотетическим неживым вирусом в понимании этого термина современниками Пастера, т. е. ядом. То, что причиной заболевания является вышеозначенный вирус, а не живые существа, доказывал, например, Поль Бэр. В его опытах капля крови, содержащая смертоносные бактерии сибирской язвы, подвергалась воздействию сжатого кислорода. Будучи введенной после этого здоровому животному, она вызывала его гибель, но в его крови, взятой после смерти, возбудитель сибирской язвы отсутствовал. Следовательно, заключал Поль Бэр, причина болезни не живое начало, а яд. Для опровержения этого утверждения Пастером была проведена следующая серия экспериментов. Капля крови животного, погибшего от сибирской язвы, высевалась на среду, на которой могли расти эти бактерии. После 50 последовательных пересевов жидкость вновь вводилась животному, которое погибало при явных симптомах сибирской язвы. Вероятность того, что при таком разведении хотя бы одна молекула из прежней капли крови попала вновь инъецируемому животному, равна 10^{-27} степени. Следовательно, за заболевание могло быть ответственно только живое начало³ [9]. Конечно, такие расчеты Пастером не делались, иначе он понял бы, что мог ограничиться гораздо меньшим числом пересевов для доказательства правильности своей теории. Пастер объяснил также результаты ряда других экспериментов, вызывавших сомнение в его теории. Эксперименты эти заключались в следующем: кровь животных, погибших от сибирской язвы, бралась из их трупов не сразу, а по истечении определенного срока. В этом случае животные, которым вводилась эта кровь, также погибали, но в их крови бактерии сибирской язвы не обнаруживались. Пастер поставил контрольный опыт и нашел, что если кровь бралась немедленно после смерти донора, то в крови реципиента (погибшего животного) сибиреязвенные бактерии находились в большом количестве. Если время взятия крови отодвигалось, то количество сибиреязвенных бактерий в крови погибшего реципиента уменьшалось, но зато увеличивалось количество септических вибрионов, всегда присутству-

³ Действительно, позже было доказано, что в опытах П. Бэра бактерии сибирской язвы погибали под действием физических факторов, но споры их, оставаясь живыми, могли вызывать болезнь и смерть.

ющих в трупах животных в нарастающем от времени количестве. Наконец, если кровь из трупа донора бралась через сутки и более после его смерти, то в крови погибшего реципиента обнаруживались одни септические вибрионы. Таким образом, смерть животного от болезни, вызываемой живым началом, была доказана и здесь, только в одних случаях она вызывалась бактериями сибирской язвы, а в других — септическими вибрионами [10].

Одним из факторов, необъяснимых с точки зрения спонтанного возникновения болезней, была невосприимчивость кур к сибирской язве. Все попытки одного из сторонников этой теории заразить курицу культурой сибирской язвы ни к чему не привели. Пастер объяснил этот факт просто тем, что бактерии сибирской язвы не развивались в теле курицы из-за слишком высокой температуры тела птицы по сравнению с животным. Он экспериментально доказал свой вывод, искусственно понижая температуру кур, для чего погружал их в холодную воду, после чего они заражались и погибали. Факт этот важен для нас потому, что он был одним из тех, которые натолкнули Пастера на идею о возможности влиять на свойства заразного начала, усиливая или ослабляя его по своему желанию. Действительно, помещая курицу в холодную воду, т. е. понижая ее температуру, он добивался заражения ее сибирской язвой, вводя ей эту культуру. Но затем, если, не доводя курицу до смерти, он вынимал ее из холодной воды и помещал в термостат, восстанавливая температуру ее тела до нормальной (42°C), то она выздоравливала [11].

Возможность влияния на живое заразное начало давно занимала его, теперь он подошел к разрешению этой задачи вплотную. В произведениях Пастера можно найти рассуждения, показывающие его напряженные поиски возможных путей: «Наблюдение за ходом заболеваний... дает ряд удивительных фактов, среди которых в первую очередь следует указать на отсутствие рецидивов. Какое удивительное обстоятельство! Воображение лишь с трудом может попытаться найти этому факту гипотетическое объяснение, имеющее под собой какое-либо экспериментальное обоснование... И эти данные известны с наиболее древних времен!» [10, с. 561]. Пастер замечает, что подобное явление имеет место как среди людей, так и среди животных и птиц: «...существуют вирусы куриной холеры с ослабленной вирулентностью, которые вызывают болезнь, но не смерть... после выздоровления животное может переносить введение очень вирулентных вирусов⁴... само понятие о существовании возбудителей различной вирулентности не может вызвать удивления». Удивительно, по мнению Пастера, то, что «колебания в их вирулентности находятся во власти наблюдателя» [9, с. 575—576]. В этом ему удалось убедиться на собственном опыте. После проведения вакцинации кур ослабленными культурами куриной

⁴ Пастер употребляет термин «вирус» в широком понимании, т. е. имея в виду просто живое заразное начало, не в том смысле, в котором его употребляли сторонники теории спонтанного зарождения болезней, т. е. просто «яд», но и не в том смысле, в котором этот термин употребляется сейчас.

холеры (выделенными от тех кур, которые переболели относительно легко и не погибли) Пастер задумался над тем, нельзя ли культивировать болезнетворные культуры вне организма, следя за тем, чтобы их болезнетворность не возросла, и иметь таким образом всегда достаточное количество вакцины. Оказалось, что вирулентность культур в лабораторных условиях не увеличилась. Затем на помощь приходит случай, тот самый, который по уже приводившемуся нами замечанию Пастера приходится на долю подготовленного ума. Случайно оставленные в лаборатории на лето каникулы разводки с культурой куриной холеры потеряли свою заразительность для кур. За этим случайным фактом последовала целая серия кропотливейших опытов, показавших, что редкие пересевы культуры куриной холеры при доступе воздуха действительно способствуют ослаблению заразного начала. Так, случайному факту с помощью экспериментального доказательства был придан характер всеобщности. Как писал Тимирязев, «В первый раз была открыта тайна превращать, по желанию, смертельный яд в противоядие» [15, с. 249].

Следует упомянуть, что Пастер был не первым, применившим метод вакцинации. Известно, что прославленный английский врач Эдуард Дженнер еще в 1796 г. произвел первую вакцинацию по разработанной им методике предупреждения оспы у человека. Однако он фактически лишь внедрил в медицинскую практику усовершенствованный им (над этим усовершенствованием Дженнер работал 25 лет) народный метод, существовавший с древних времен. Но, как заметил Гранин, «Если Дженнер открыл отдельный факт, то Пастер открыл общий метод» [15]. Пользуясь этим своим методом, он занялся разработкой мер борьбы с другими заболеваниями домашних животных. После предохранительных развонок против куриной холеры, как указывал Мечников, были найдены сходные «вакцины» против сибирской язвы домашних животных и краснухи свиней [7]. Естественно, иная биология возбудителей требовала иных методов культивирования. Так, бактерии сибирской язвы проявляли большую устойчивость к любым воздействиям, поскольку они образуют споры. Но Пастер успешно преодолел это препятствие, установив, что при повышенной температуре споры не образуются, и в таком состоянии культура при контакте с воздухом может не только ослабить вирулентность, но и полностью утратить ее. После этого, как писал Мечников, «Пастеру страстно захотелось завершить свою научную деятельность открытием предохранительного способа против какой-нибудь болезни, поражающей людей» [7, с. 194] [14]. Свой метод, отработанный на животных, Пастер применил при разработке вакцины против бешенства. Однако сложность здесь состояла не только в том, что объектом внимания Пастера стал человек, но и в том, что сам возбудитель в то время не был известен. «Микроб бешенства до сих пор еще выделен не был; но, рассуждая по аналогии, необходимо признать, что он существует» — писал Пастер [8, с. 691]. Однако аналогия аналогии рознь. Кому не известна крылатая фраза «Вся-

кая аналогия хромает? Поэтому Пастер, как всегда, серьезно обосновывает и эту свою аналогию. Рассуждение по аналогии было очень характерным для Пастера. В своем докладе на Международном медицинском конгрессе в Копенгагене в 1884 г. он так обосновал свое убеждение о том, что бешенство не может появляться спонтанно: «В каких бы условиях, физиологических или патологических, ни находилась собака или любое другое животное, бешенство никогда не появится, если это животное не было укусано или облизано другим бешеным животным. Это является новым блестящим доказательством учения о том, что микробы-возбудители всегда поступают извне. Бешенство настолько неспонтанно, что есть страны, в которых оно совершенно неизвестно» [2, с. 372]. В нахождении способа приготовления вакцины ему снова помог случай. Однако, как уже было замечено, от случайного фактора, приоткрывающего дверь в неизвестное, до окончательного результата исследования лежал колоссальный путь, исполненный упорного труда, связанного с кропотливейшими экспериментальными исследованиями.

Кажется, одной из наиболее характерных черт Пастера, отмечаемых исследователями его творчества, является «неумолимость его логики». Однако, как известно, у Пастера никогда не было специальных логических исследований. Поэтому под его «приверженностью к логике» имеется в виду его постоянное стремление проверять и доказывать любые свои идеи, сколь бы очевидными на первый взгляд они не казались. Для этого доказательства он пользуется обычными рассуждениями, чаще всего очень убедительными и, как правило, совершенно безупречными с точки зрения логической формы. Нередко прибегает он для этого и к аналогиям, хотя гораздо чаще аналогии используются им не для доказательства, но для выдвижения идей, причем он усиленно настаивает на обосновании аналогии. Но, конечно, главным, решающим методом доказательства для Пастера является эксперимент, в искусстве которого, как отмечают все исследователи его творчества, «он не знал себе равных».

Благодаря исследованиям по конфирмативной индукции мы в настоящее время знаем, что установление правильности следствия какой-либо теории, т. е., например, экспериментальная проверка реальности предсказанного ею факта, не доказывает теории, т. е. не делает ее достоверной, но лишь в определенной степени увеличивает ее подтверждаемость. С другой стороны, опровержение такого факта, как мы теперь говорим, фальсифицирует теорию, если не полностью благодаря всякого рода «защитным поясам», то все же в гораздо большей степени, чем положительный факт ее подтверждает. Знал это и Пастер, конечно, на интуитивном уровне, как и большинство естествоиспытателей. Поэтому он с особой тщательностью проверяет так называемые «отрицательные» следствия своей теории, т. е. следствия, как будто бы вытекающие из теорий его противников, а значит, противоречащие его теориям.

Однако, как известно, во времена Пастера особенно распространённой была элиминативная индукция, поэтому представляет особый интерес объяснить его отношение именно к этой индукции. К. А. Тимирязев, высоко оценивая методику эксперимента Пастера, с восторгом говорит о том, что все его эксперименты являются блестящей иллюстрацией методов Милля и ещё одним, может быть лучшим подтверждением нужности исследований по индуктивной логике [15]. Это, конечно, верно с той точки зрения, что все эксперименты Пастера могут быть *post factum* проанализированы посредством схем Бэкона и Милля. Ни один из этих экспериментов никогда не нарушает ни одной из этих схем и не выходит за их пределы.

Но ведь все это можно сказать не только об экспериментах Пастера и, более того, не только о правильных экспериментах, но и о тех экспериментах, результаты которых (в частности, у Пастера) оказались опровергнутыми последующими проверками или новыми экспериментами. Ошибочность неправильных, неудачных или ложных экспериментов, которые случаются и у самых опытных экспериментаторов, никогда не бывает связана с отклонениями от логических схем Милля, а только с неточностью или прямой невероятностью содержательного анализа материала. Другое дело, что, выяснив неправильность такого содержательного анализа, можно уже указать, как это сказалось на самой логической схеме эксперимента. Иными словами, нарушение миллевской схемы является следствием неверности содержательного материала, но (во всяком случае, в реальных экспериментах), не наоборот. Когда говорят об интуиции экспериментатора, столь высоко ценимой всеми исследователями у Пастера, имеют в виду в большой степени именно это искусство содержательного анализа материала, хотя, конечно, не только его, и уж во всяком случае никогда при этом не имеется в виду искусство следования формальным схемам Милля.

Чем объясняется первое блестящее открытие Пастера, открывшее миру и самого Пастера? Без сомнения, стечением многих обстоятельств, среди которых важнейшее место принадлежит его тончайшей наблюдательности и несравненной исследовательской интуиции. Именно благодаря этой наблюдательности Пастеру удалось обнаружить то, что до сих пор оставалось незамеченным никем из химиков и что послужило основой для его открытия. Но ведь ни один сколь угодно тонкий наблюдатель не может наблюдать всего. Он всегда движим какой-то идеей, служащей даже не просто пассивным фильтром, отсеивающим из хаоса бесчисленных фактов, с которыми в науке и повседневной жизни имеет дело исследователь, какой-то нужный ему факт, но именно активным отборочным механизмом, жадно выискивающим этот факт, толкающим исследователя ради поиска этого «самого главного» факта⁵ в самые, казалось бы, немыслимые ситуации, обусловли-

Максвелл заметил, что успех всякого исследования зависит, во-первых, от того, что признано в данном исследовании наиболее важным и существен-

вающим его, как говорят психологи, «расширенную ассоциацию». Короче, он (этот исследователь) — тот, о котором древние римляне говорили, что он находит то, что ищет, точнее, то, что хочет пайти.

Этой идеей, подготовившей ум Пастера к поиску, к наблюдению, была общая мысль о связи внешней формы объекта с внутренней его сущностью. Ее следствием была и догадка Пастера о связи внешней формы кристалла с поляризационными свойствами винной и виноградной кислот. Эта догадка была проверена в тщательных экспериментах, методика которых строго соответствовала миллевским схемам сходства и различия, хотя Пастер ничего не знал о существовании этих схем. Разница была в одном: причина не была выявлена в эксперименте, т. е. не явилась следствием умозаключения по индукции (а ведь только это и было бы доказательством того, что индуктивная логика или одна из ее схем — именно схема сходства и различия — является логикой открытия), но была лишь подтверждена с ее помощью некоторая гипотеза, полученная отнюдь не индуктивным путем.

Точно таким же образом обстояло дело во всех экспериментах Пастера. Эксперименты по проверке и подтверждению гипотезы о микробном происхождении болезней были выполнены по методу сопутствующих изменений. По тому же методу были проведены эксперименты, опровергающие возражения противников Пастера и сторонников спонтанной теории болезней [10]. Кстати сказать, возражения Поля Бэра также были обоснованы экспериментами, проведенными по точным миллевским схемам, именно по схемам метода сходства и различия, причем, исходя из данных Поля Бэра, никакого нарушения этой логической схемы допущено не было. Другое дело, что после проверки этих экспериментов Пастером было обнаружено, что Поль Бэр не сумел обнаружить еще одной причины, способной вызвать болезнь и смерть животного, а ведь условием правильного действия миллевской схемы является перечисление всех возможных причин. Но как же обеспечить это условие? Чисто логическими методами это сделать невозможно. Для этого необходимо конкретное знание материала и конкретный содержательный анализ его.

Конечно, сам этот анализ всегда осуществляется в теснейшей связи с психологическими, методологическими и, в конце концов, гносеологическими установками экспериментатора, которые, однако, не должны порабощать исследователя, но именно направлять его. Он именно находит то, что ищет. Пастер был уверен в своей гипотезе о живом начале заболевания и искал это живое начало. Конечно, ему здесь снова помогла его экспериментальная интуиция и тончайшая наблюдательность. Он увидел в крови погибшего животного, как и в крови долго лежащего трупа лошади,

ным, а во-вторых, от добровольного игнорирования обстоятельств, для успешного исследования которых, как бы они ни были интересны, наука недостаточно развилась [20, с. 5].

едва заметные, почти прозрачные септические вибрионы, ускользнувшие от внимания его оппонента, не искавшего их. Он предположил, что именно эти вибрионы являются причиной, вызвавшей заболевание и смерть животного, и проверил это свое предположение экспериментами, точно воспроизводящими схему метода сопутствующих изменений все с той же разницей, что эти эксперименты не индуцировали этой гипотезы в смысле Милля, а лишь подтверждали, обосновывали ее, как это, впрочем, было и в экспериментах Поля Бэра.

Непосредственно к работам, связанным с обоснованием гипотезы о микробном происхождении болезней, примыкают работы по изменению вирулентной силы микробов с помощью целенаправленного воздействия на них, иначе говоря, работы по вакцинации животных и человека. И снова общая идея, которая является руководящей во всех этих исследованиях, непосредственно вытекает из всех его предыдущих исследований, и, проверяясь и оттачиваясь в блестящих экспериментах, каждый из которых мог бы служить первоклассной иллюстрацией тем или иным методам Милля, сливается с непосредственными наблюдениями как его собственными, так и почерпнутыми из общечеловеческого опыта. Действительно, ведь если болезнь вызывается живым началом, то развитие этого начала должно быть связано с какими-то определенными ограничительными условиями, изменяя которые, мы можем изменить и течение самой болезни. Не потому ли куры в обычных условиях не болеют сибирской язвой, что температура птиц слишком высока для развития соответствующего микроба и что в условиях такой температуры его вирулентность ослабляется, становясь не смертельной для животного? Это легко проверить, помещая кур в воду с пониженной температурой. Эксперименты, проведенные со всеми предосторожностями, а в отношении схем Милля — по некоторой сложной комбинации метода сопутствующих изменений и остатков, блестяще подтвердили эту гипотезу. Но если все это так, продолжает развивать свои идеи Пастер, то нельзя ли искусственно, в лабораторных условиях, ослаблять вирулентность микробов, а затем прививать этот ослабленный вариант здоровым животным. Ведь известно, что многие болезни ведут себя так, что, переболев ими, животные не заболевают снова. А если переболеть болезнью в ослабленной форме — не будет ли тогда иметь место тот же эффект? Аналогия кажется вполне обоснованной. Микроб не меняется, меняется только его состояние; кроме того, аналогия обосновывается массой практических наблюдений. Действительно, ведь как будто именно так обстояло дело, скажем, у Дженнера. И опять тысячи неудачных и сотни удачных экспериментов, выполненных по различным индуктивным схемам, и гипотеза, навеянная обоснованной аналогией, блестяще подтверждается одним из самых выдающихся результатов, которых когда-либо добивалось человечество, — изготовлением вакцин, предохраняющих от самых тяжелых болезней людей и животных.

Нет, мы вовсе не хотим сказать, что такой сложный феномен, как научное открытие, сводится к действию отборочного механизма, центром и основной пружиной которого является некоторая общая идея. Мы утверждаем, лишь что в исследованиях Кеплера и Пастера сыграл решающую роль именно этот механизм. Впрочем, на наш взгляд, немалую роль сыграл он и в исследованиях Фракасторо и Левенгука. Мы основываем наш вывод на интересных исследованиях творчества, выполненных психологом Д. Б. Богоявленской. Среди огромного количества работ психологов, посвященных этой проблеме, ей удалось, на наш взгляд, получить значительные результаты, но, что гораздо более важно для наших целей, эти ее результаты представляют несомненный и непосредственный интерес для логики, хотя на первый взгляд это, возможно, и не очевидно.

Действительно, ее непосредственной задачей является выяснение того, какая психологическая реальность лежит в основе творчества. В результате анализа большого материала она приходит к выводу, что этой реальностью является «интеллектуальная активность», представляющая собой некоторый сложный сплав интеллектуальных способностей и личностных характеристик. Ей удастся выделить некоторую характеристику этой интеллектуальной активности, которая поддается хорошей экспериментальной проверке, своеобразному измерению. Характеристику эту она называет интеллектуальной инициативой и определяет ее как «продолжение мыслительной деятельности за пределами требуемого», например, решения задачи [1]. Анализируя экспериментальный материал, она выделяет в интеллектуальной активности три уровня: 1) стимульно-продуктивный — человек решает систему однотипных задач посредством какого-то найденного им алгоритма, хорошо усвоенным способом (безынициативное, низшее творчество); 2) эвристический — человек может находить несколько эвристик, или алгоритмов, решающих эти задачи, и посредством сравнения выбирает лучший из них в каком бы то ни было смысле (инициатива явно имеет место, хотя эвристики ищутся чисто эмпирически); 3) креативный — здесь предметом деятельности выступают уже не собственно задачи, но сами эмпирические закономерности, приводящие к решению этих задач, сколько бы таких закономерностей обнаружено ни было, иначе говоря, выявление теоретических обоснований самих найденных эмпирических закономерностей, т. е. совершенно новая постановка проблемы.

Для нас представляет интерес рассмотрение такой иерархической последовательности уровней, где каждый предыдущий уровень будет основанием для последующего. При этом переход от одного уровня к другому предполагает необходимость соответствующей инициативы. Отсюда ясно, что логика, будь то индуктивная или дедуктивная, может оказаться действительно действенным инструментом только на первом, стимульно-продуктивном уровне. Проанализировав еще раз изложенный выше

материал, мы без труда убеждаемся в том, что Пастер и Кеплер принадлежат явно креативному уровню, тогда как Фракасторо и Левенгук были чистыми эвристами. Это, так сказать, теоретически обосновывает наш вывод о том, что индуктивная логика не играла, да и не могла играть, во всех этих исследованиях сколько-нибудь значительной роли. Однако анализ работы Богоявленской позволяет прийти и к другим интересным для логики выводам. Действительно ведь, ясно, что изложение ученым своего научного открытия в принципе вовсе не обязательно воспроизводит его реальное поведение во время этого реального исследования. И здесь, естественно, возможно движение от уровня к уровню, так сказать, в обоих направлениях. Тем более, конечно, такое движение возможно при переизложении какого-либо исследования другими учеными, в чем мы убедились, скажем, на примере изложения последующими исследователями работ Кеплера.

Наконец, что особенно для нас важно, такая возможность движения при изложении научных исследований от уровня к уровню, и в особенности от высшего уровня к низшему, объясняет, почему индуктивная логика действительно может быть хорошим инструментом анализа научного открытия, сделанного на совершенно другом уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленская Д. Б. Пути к творчеству. М., 1981.
2. Вальери-Радо Р. Жизнь Пастера. М., 1950.
3. Володин Б. Г. ... И тогда возникла мысль. М., 1980.
4. Гиппократ. О ветрах // Избр. кн. М., 1936.
5. Лукреций Кар. О природе вещей. М., 1945.
6. Либих Юстус. Ф. Бэкон Веруламский и методы естествознания. СПб., 1886.
7. Мечников И. И. Пастер — Листер — Кох // Акад. собр. соч. М., 1959. Т. 14.
8. Пастер Луи. Бешенство // Избр. тр. М., 1960. Т. II.
9. Пастер Луи. Об ослаблении возбудителя куриной холеры // Там же.
10. Пастер Луи. О заразных болезнях и в особенности их болезни, называемой обычно куриной холерой // Там же.
11. Пятницын Б. Н. Философские проблемы вероятностных и статистических методов. М., 1976.
12. Пятницын Б. Н. Об активности модельного познания // Активность познания. М., 1984.
13. Серебряный А. И. Недедуктивная логика и обучение информационному поиску // НТИ. Сер. 2. 1973. № 2.
14. Соболев С. Л. Джироламо Фракасторо и изобретение оптических инструментов // Фракасторо Дж. О контагии, контагиозных болезнях и лечении. М., 1954.
15. Тимирязев К. А. Луп Пастер // Избр. соч.: В 4 т. М., 1948. Т. II.
16. Финн В. К. О машинноориентированной формализации правдоподобных рассуждений в стиле Ф. Бэкона и Д. С. Милля // Семптика и информатика. М., 1982.
17. Фракасторо Дж. О контагии, контагиозных болезнях и лечении. М., 1954.
18. Фукидид. История. М., 1915. Т. 1.
19. Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981.
20. Яновская С. А. Предисловие // Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М., 1961.
21. Reichenbach H. The rise of scientific philosophy. Chicago, 1951.

ИНДУКЦИЯ И МНОГОФАКТОРНОЕ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ

§ 1. Индуктивная логика — логика однофакторного эксперимента

Как известно, в течение двух столетий наука исследовала системы, которые являются либо внутренне простыми, либо разложимыми на простые составляющие. Основным постулатом, характеризующим такие системы, является утверждение о том, что возможно изменение факторов по одному. Именно этот постулат лежал в основе применения индуктивной логики в методологии экспериментирования, чем и объясняется известное название подобного рода экспериментов — «однофакторные эксперименты». Это вовсе не значит, что во всех случаях классическая наука имела дело с такими простыми ситуациями, в которых всегда исследовался только один фактор. Разумеется, во многих исследованиях экспериментаторы изучали большое количество факторов, но все эти факторы удавалось четко разделить во времени и пространстве и изменять по одному.

Методология однофакторного эксперимента основана на следующих предпосылках:

1. Возможность выделения изучаемого свойства в «чистом» виде.

2. Константность прибора. Предполагается, что знание «материализуется» в экспериментальном приборе строго однозначным образом, а его действие в различных экспериментальных ситуациях остается постоянным.

3. Возможность четкого разделения факторов в пространстве и времени.

4. Прибор не включается в теорию объекта.

Можно с полным основанием утверждать, что методология однофакторного эксперимента основывается на абстракции «чистого» эксперимента.

Даже самый беглый анализ методов опытного исследования Дж. Милля убедительно показывает, насколько тесно связаны его индуктивные методы с вышеуказанными предпосылками, в первую очередь с первой и третьей. В качестве примера рассмотрим метод различия. «Если наша цель, — отмечает Милль, — открыть следствия некоторой причины, некоторого деятеля *A*, то мы должны найти *A* в какой-нибудь группе уже исследованных обстоятельств, например, в *ABC*, а затем имеющие в этом случае место следствия, сравнить их со следствиями остальных обстоятельств *BC*, действующих в отсутствие *A*. Если следствием *ABC* будет *abc*, а следствием *BC* — *bc*, то очевидно, что следствием *A* будет *a*» [6, с. 345—355].

Ясно, что такая программа оказывается выполнимой лишь при строгом соблюдении первой и третьей предпосылок. Все три действия *ABC* разделены и абсолютно независимы друг от друга (предпосылка 3). Причем следствия также разделены между собой и абсолютно независимы, а искомое следствие *a* может быть получено только при наличии первой предпосылки. Все это, по существу, и закреплено в двух аксиомах метода различия: 1) всякое предыдущее, которое нельзя исключить, не уничтожив явления, есть причина или условие этого явления; 2) всякое последующее, которое можно исключить одним только исключением какого-либо одного из предыдущих, есть следствие этого предыдущего. Совершенно ясно, что объективный метод сходства и различия, как и сам метод сходства, также существенно опирается на эти предпосылки.

На этих же предпосылках основаны и метод остатков, и метод сопутствующих изменений. Действительно, центральным принципом метода остатков является следующее утверждение: «Если удалить или вычесть из явления все те его части, причины которых известны из прежних индукций (третья предпосылка. — *Б. П., С. В.*), то в остатке получится следствие тех предыдущих, которые остались неисключенными или следствие которых не было до тех пор определено в количественном отношении (первая предпосылка. — *Б. П., С. В.*)» [6, с. 360]. В то же время в методе сопутствующих изменений в явном виде присутствует и та предпосылка, которую мы выше назвали основным постулатом классической науки. Из формулировки руководящего пятого правила метода сопутствующих изменений необходимость обращения к двум вышеуказанным предпосылкам (кроме основного постулата) как будто не следует. Однако непосредственно вслед за этой формулировкой Дж. Милль приводит следующее замечание: «Едва ли надо прибавлять, что при установлении единообразия в со-
путствовании изменений следствия изменениям причины надо принимать те же самые предосторожности, как и при всяком другом установлении неизменной последовательности. Мы должны стараться помешать всякому изменению в других предыдущих в течение всего того времени, пока будет подвергаться требуемому ряду изменений изучаемое предыдущее. Или, другими словами, для того чтобы иметь право заключить о причинной связи на основании сопутствования изменений, само это сопутствование их должно быть доказано при помощи метода различия» [6, с. 365].

Ясно, что энумеративная индукция (как частная, так и общая) также может осуществляться при условии выполнения обеих вышеуказанных предпосылок.

Менее очевидным является то утверждение, что выполнение всех этих предпосылок необходимо и для конфирмативной индукции. Однако несложный анализ показывает, что в действительности это имеет место. Изложение любой из трех указанных видов индуктивной логики на вероятностно-логическом или каком-либо другом математическом языке не меняет дела, поскольку ни

одна из предпосылок методологии индуктивизма при этом не элиминируется.

В работе одного из авторов этой статьи [9] показано, что все три рассмотренных вида индукции выступают, в классической науке во всяком случае, в качестве инструмента анализа однофакторного эксперимента, а не инструмента добывания, открытия истины. Это вовсе не означает, что индуктивная логика не играет активной роли в науке, но, по крайней мере в классической науке, ее роль является преимущественно методологической. Сама организация проведения эксперимента, интерпретация его результатов и, наконец, получение нового знания существеннейшим образом опирается на искусство экспериментатора, его опыт и интуицию.

Исследуемая система-модель по своей сущности является абстрактной системой. По мнению У. Эшби, наука может иметь дело только с такими абстрактными системами, которые характеризуются замкнутыми и однозначными преобразованиями [11, с. 48—49]. Разумеется, эти системы могут характеризоваться большим, но обязательно конечным числом переменных. Более того, характеристические переменные системы не обязательно описывают ее поведение. Они могут описывать ту или иную (например, вероятностную) оценку поведения системы, оценку оценки поведения и т. д. Важно лишь, чтобы преобразования соответствующих переменных были замкнутыми и однозначными. Тогда большой класс сложных систем может быть представлен таким многочленом: $A_1D^1 + A_2D^2 + \dots + A_nD^n$, где D^i — уровень оценки поведения системы, A_j — коэффициент, показывающий сколько оценок данного уровня присутствует в конкретном разложении той или иной сложной системы. Классификация систем-моделей с этой точки зрения достаточно полно и детально рассмотрена одним из авторов данной статьи [8].

В сложных системах описанного вида не удастся использовать методологию, основанную на предпосылке, выступающей в качестве основного постулата классической науки, т. е. изменения факторов по одному. Кроме того, в этих системах не выполняется ни одна из четырех предпосылок однофакторного экспериментирования. Таким образом, методология индуктивизма при исследовании этих систем оказывается неприменимой.

§ 2. Метод многофакторного экспериментирования

2.1. Сложные системы как объект многофакторного экспериментирования

Впервые внимание исследователей к этим системам было привлечено после работ Р. Фишера, связанных с проведением агробиологических экспериментов. Было установлено, что в сложных системах изменение одного фактора приводит к изменению других, что явно противоречило основному постулату классического

экспериментирования. Исследование таких систем не может быть основано на использовании абстракции «чистого» эксперимента. Тем самым не выполняется первая предпосылка методологии однофакторного эксперимента. Сложные системы приходится изучать во всем многообразии действующих факторов. Исследователю уже приходится учитывать целостность, нерархичность этих систем с «автономней» их элементов. В этом случае не удастся четко разграничить даже явления и процессы различной природы, не говоря уже о возможности четкого разделения факторов в пространстве и времени, т. е. не выполняется и третья предпосылка однофакторного экспериментирования.

Таким образом, при исследовании сложных систем традиционная методология индуктивизма оказывается полностью неприменимой, а метод однофакторного эксперимента гносеологически неэффективным. В связи с этим в научном познании возникает существенно новое средство исследования — метод многофакторного эксперимента. Методология такого эксперимента генетически связана с оптимальным планированием эксперимента. Последнее предполагает одновременное изменение всех параметров, влияющих на изучаемый процесс, в силу чего и получило название «метода многофакторного планирования эксперимента», или «метода многофакторного эксперимента». Этот метод позволяет непосредственно установить степень взаимодействия параметров и резко сократить общее число опытов.

Проиллюстрируем на простейшем примере различия однофакторного и многофакторного экспериментов. Рассмотрим эксперимент с взвешиванием трех объектов А, В, С [19, с. 137—139].

В схеме классического однофакторного эксперимента вес каждого объекта оценивается лишь по результатам двух опытов — холостого опыта и опыта, где на весы положен изучаемый объект. Схема взвешивания может быть представлена табл. 1.

Таблица 1

Номер опыта	А	В	С	Результат взвешивания
1	—1	—1	—1	y_0
2	+1	—1	—1	y_1
3	—1	+1	—1	y_2
4	—1	—1	+1	y_3

+1 указывает, что объект взвешивания положен на весы, —1 указывает на отсутствие объекта на весах.

Исследователь вначале делает холостое взвешивание, чтобы определить нулевую точку весов. После этого он по очереди взвешивает каждый из объектов. Например, вес объекта А равен $y_1 - y_0$.

Дисперсия результатов взвешивания $\sigma^2 \{A\} = 2\sigma^2 \{y\}$, где $\sigma \{y\}$ — ошибка взвешивания.

Схема многофакторного планирования представляется табл. 2.

Таблица 2

Матрица независимых переменных при взвешивании
трех объектов А, В, С

Номер опыта	А	В	С	Результат взвешивания
1	-1	-1	+1	y_1
2	+1	-1	-1	y_2
3	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	+1	y_4

Как видим, в схеме многофакторного планирования отсутствует «холостое» взвешивание. В первых трех опытах последовательно взвешиваются объекты А, В, С, а в последнем опыте одновременно взвешиваются все три объекта. Вес, например, объекта А задается формулой $A = \frac{-y_1 + y_2 - y_3 + y_4}{2}$. Дисперсия $\sigma^2 \{A\} = \sigma^2 \{y\}$, т. е. вдвое меньше, чем при классическом методе взвешивания, хотя число опытов в обоих случаях одно и то же (4 опыта).

В теоретико-познавательном аспекте важно то, что метод многофакторного планирования эксперимента позволяет непосредственно установить силу взаимодействия всех изучаемых факторов. Однако эффект этот достигается за счет отказа от первой и третьей предпосылок однофакторного экспериментирования.

Даже в таком простейшем многофакторном эксперименте новая организация эксперимента дает ощутимый выигрыш в оценке ошибки, т. е. в точности эксперимента. В сложных многофакторных экспериментах это может дать неизмеримо более существенный выигрыш по сравнению с системой однофакторных экспериментов, даже в том случае, когда принципиально их можно было бы поставить. Выигрыш проявляется в резком уменьшении числа опытов, необходимых для достижения поставленной цели, повышении степени точности и достоверности получаемых данных, росте информативности эксперимента при значительном сокращении затрат (как материальных, так и трудовых), и, наконец, значительном сокращении времени перехода от лабораторных исследований к промышленному производству.

Например, при исследовании процесса псевдооживления полидисперсных смесей глинистых материалов с помощью методики математического планирования эксперимента удалось сократить нормативное время, составляющее более 2 лет, до одного месяца [14].

Однако в большинстве случаев, в частности, в практике экспериментального планирования метод однофакторного эксперимента

оказывается вообще неприменимым. Дело в том, что при попытке по результатам небольшого числа экспериментов оценить экстремум функции отклика, зависящей, скажем, от 50 факторов (переменных), что при исследовании реальных сложных систем вовсе не является редким случаем, все классические методы, основанные на методологии однофакторного экспериментирования (даже такие методы, как метод крутого восхождения, симплекс-метод, процедуры стохастической аппроксимации и др.) неприемлемы, поскольку уже на первой итерации каждый из этих методов требует постановки по крайней мере 51 эксперимента. Иными словами, число опытов, необходимых для достижения поставленной цели, оказывается практически неосуществимым в какой бы то ни было реальный промежуток времени.

Все это показывает, что многофакторный эксперимент отличается от однофакторного не просто количественно, но именно качественно. Главное же отличие многофакторного эксперимента от однофакторного, на наш взгляд, состоит в следующем. По причине большой сложности многофакторного эксперимента его принципиально не может реализовать один экспериментатор. Постановка и реализация многофакторного эксперимента требует объединения усилий и творчества большого числа специалистов разных профессий. Разумеется, это не значит, что все они обязательно должны принимать непосредственное участие в постановке и реализации эксперимента. Их знание и опыт могут быть использованы в экспериментальном исследовании опосредованно с помощью имитационных систем, в которые эти знания и опыт закладываются с помощью методов анкетирования, экспертного опроса, интервьюирования и т. п.

Имитационная система — это вычислительная диалоговая система с ее алгоритмами и программами. Она является тем инструментом, который позволяет объединить формальные и неформальные методы анализа сложных систем, снимая с исследователя тяжесть всех рутинных операций и процедур отслеживания логических цепочек и связей, возникающих в процессе исследования. Эту работу ЭВМ действительно производит быстрее, точнее и лучше человека. Формулировка целей исследования, выбор подходящей математической модели (или моделей) остаются за исследователем. Таким образом, имитационные системы проводят своеобразное разделение труда между человеком и ЭВМ.

Любой эксперимент можно представить как воздействие одного материального объекта (субъекта, экспериментатора) на другой материальный объект (объект эксперимента в собственном смысле). В классическом эксперименте эти объекты понимались как определенные материальные объекты сами по себе. В многофакторном эксперименте в роли таких объектов могут выступать и реально выступают модели как материальные, так и идеальные. В рассмотренном выше примере моделируется сам субъект, причем его моделью является имитационная система. Однако моделью может быть заменен не только субъект (экспериментатор), но и объект

эксперимента (реальная сложная система), а также используемые воздействия и экспериментальные процедуры. Таким образом, модель может использоваться на любом этапе многофакторного экспериментирования. Это означает, что многофакторный эксперимент частично или даже полностью становится модельным экспериментом. Само представление о модели как о чем-то второстепенном, к сожалению, еще достаточно широко распространенное, на самом деле уже давно не отражает действительного положения дел в современном научном познании. В частности, модельный эксперимент отнюдь не ограничивает возможностей и достоинств натурального эксперимента, а, наоборот, приумножает их. Достоверность информации, которую дают, например, математические модели, настолько велика, что в ряде случаев она считается более достоверной, нежели сведения, полученные в самых тонких физических экспериментах. Так, мы доверяем нашим расчетам входа космического (или искусственного) тела в атмосферу больше, чем экспериментам, имитирующим эти явления.

Таким образом, многофакторный и тем более модельный эксперимент являются качественно иными по сравнению с классическим натурным экспериментом. Соответственно понятия, денотатами которых выступают эти объекты, также являются различными. Понятие «классический, натуральный, однофакторный эксперимент» выступает как единичное, понятие «многофакторный эксперимент» — как особенное, и, наконец, понятие «модельный эксперимент» — как общее. Обоснование этой идеи будет дано при анализе логической структуры каждого из этих экспериментов.

Для реализации возможностей и достоинств модельного многофакторного эксперимента как раз и были разработаны такие принципиально новые методы научного познания, как метод математического эксперимента, машинный имитационный эксперимент, алгоритмическое и человеко-машинное моделирование.

2.2. Математический эксперимент (МЭ).

В общем случае в самом широком смысле МЭ представляет собой модельный эксперимент (частичный или полный), в котором модель эксперимента представлена в математической форме. Иными словами, под МЭ понимают математическую форму реального или мысленного эксперимента или их синтеза [3]. Но это означает, что всякая математическая задача — от простейшей арифметической до задачи доказательства сложнейшей теоремы — выступает как экспериментальная задача, а ее решение, в частности, доказательство любой теоремы — как математический эксперимент.

Хорошо известно, что эта точка зрения действительно отстаивалась целым рядом ученых, в том числе и математиков, например Лебехом [17]. По существу, на этой точке зрения основывается вся интуиционистская математика. Однако этой точки зрения придерживаются не только интуиционисты. Так, например, Л. Д. Кудрявцев утверждает: «Доказательство теорем существования служит

своеобразной проверкой, математическим экспериментом, дающим оправдание изучению рассматриваемой модели для данного явления» [16, с. 92].

С теоретико-познавательных позиций мы разделяем эту точку зрения. Однако для целей нашего исследования представляет большой интерес более узкий смысл этого понятия. Под МЭ в узком смысле мы будем понимать экспериментирование с математическими моделями на ЭВМ. Возникновение этого типа эксперимента обусловлено широким использованием как математических методов на всех этапах многофакторного эксперимента, так и разнообразной электронно-вычислительной техники, вычислительных систем для его успешной реализации в отличие от использования математики в классической науке, где ее средства применялись в основном на этапе обработки данных в однофакторном эксперименте.

Мысленный эксперимент, уже давно вошедший в практику научного познания, в современной науке преимущественно реализуется в математической форме. Что касается реального или натурального эксперимента, то, как было отмечено выше, в настоящее время организация, постановка и проведение (планирование, анализ и обобщение) многофакторного эксперимента оказываются возможными только при «сплошной математизации» (по терминологии А. А. Самарского) его или математизации всех его этапов. Тем самым в многофакторном экспериментировании неэлиминируемым становится математический компонент натурального эксперимента. В том случае, когда исследователь использует в качестве объекта экспериментального исследования саму математическую модель изучаемого объекта, он имеет дело, по существу, только с математическим компонентом эксперимента. В этом случае натуральный эксперимент становится математическим экспериментом. Логическая структура натурального эксперимента при этом полностью совпадает с логической структурой математического эксперимента.

Именно в процессе математического экспериментирования модель, и прежде всего математическая модель, начинает выступать в качестве активного орудия познания на базе использования современных компьютеров или суперкомпьютеров. МЭ в этом случае выступает прежде всего как машинный эксперимент, т. е. как экспериментирование с математическими моделями на ЭВМ.

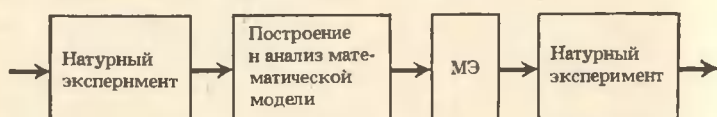
Процесс моделирования включает в себя такие этапы, как создание модели, программирование, проведение вычислительных машинных экспериментов, интерпретация результатов моделирования. В настоящее время математические и программные средства для каждого из этих этапов развиты пока еще недостаточно и не всегда нацелены на решение фундаментальных задач моделирования.

С переходом на большие ЭВМ появляется возможность не «подгонять» модели под существующие математические методы и средства, а строить модели, учитывающие большое разнообразие действующих факторов. В этом смысле машинное моделирование

является пока единственным методом анализа сложных систем в целом.

Натурные эксперименты и наблюдения дают необходимый материал для проверки и формулирования той или иной гипотезы или построения модели системы. Однако математическое экспериментирование допускает более широкие исследования по сравнению с натурными экспериментами. Результаты этих исследований дают нам информацию о будущем поведении системы, т. е. прогноз в форме МТЭ, характере ее траектории и т. д. За такие широкие возможности математического экспериментирования приходится платить неадекватностью модели, следствием чего является необходимость проведения как «контрольных», так и дополнительных реальных экспериментов.

Весь процесс экспериментального исследования теперь может быть представлен следующей блок-схемой:



Отметим, что блок «построение и анализ математической модели» — это не просто обычный анализ данных с целью построения математической модели исследуемого объекта, а исследование модели с целью познания закономерностей моделируемой системы. Математическая модель сложной системы — это многоуровневая конструкция из взаимодействующих элементов. В качестве машинной модели выступает алгоритм, записанный в виде соответствующей программы, т. е. моделирующий алгоритм. Последний появляется в результате преобразования математической модели в форму, пригодную для последующего счета на ЭВМ, и описывает последовательность элементарных событий, происходящих в системе и определяющих ее динамику. Процесс преобразования математической модели в моделирующий алгоритм требует дополнительной проверки на соответствие аналогично тому, как необходимо исследование адекватности математической модели и реального объекта.

Широкий класс многофакторных задач в таких областях научного познания, как аэродинамика, сейсмология, атомная и ядерная физика и т. д., можно отнести к области математического моделирования сплошных сред. Во всех реальных ситуациях, за исключением простейших, практически невозможно получить точное решение в явном виде. Первым шагом на пути математического экспериментирования является формулировка и решение поставленной задачи в аналитической форме. Для получения соответствующей машинной математической модели необходима дискретизация исходной аналитической модели (например, системы дифференциальных уравнений в частных производных). Практически такая дискретизация достигается путем введения сетки, в точках

или узлах которой параметры среды (плотность, скорость, температура движущегося газа, напряжение в твердом теле, составляющая электромагнитной силы и т. п.) будут принимать те или иные значения. Количество узлов сетки зависит от числа пространственных переменных модели, геометрии рассматриваемой области и степени детализации, требуемой от решения. Так, например, для создания модели турбулентного аэродинамического потока в области относительно простой геометрии требуется построение трехмерных сеток с числом узлов порядка одного миллиона, а в случае сложной геометрии и доведения решения до инженерных расчетов (большая степень детализации) — десятков миллионов. В программах расчета трехмерных моделей аэродинамического потока на современных суперкомпьютерах со скоростями более 100 млн операций в секунду предусматривается хранение в памяти машины от 5 до 30 величин для каждого узла сетки. Ясно, что оценить число факторов в таком эксперименте практически невозможно. Итеративный подход при решении задачи при расчетах среды в ее обычном устойчивом состоянии дает наилучшее приближение к точному значению, если вычисления начинают с задания разумных допустимых начальных условий во всех узлах сетки. Иными словами, постановка и проведение математического эксперимента существенным образом опираются на глубокий анализ «априорной» (известной до данного опыта) информации. В процессе математического экспериментирования компьютер, используя исходные дифференциальные уравнения, вносит необходимую коррекцию, приближая описание среды к истинному. При этом мы получаем возможность исследовать модель в экстремальных условиях, чего не может сделать исследователь в натурном эксперименте. ЭВМ способны преобразовывать большие массивы информации (т. е. осуществлять ее свертку) к виду, удобному для восприятия человеком, например представить ее графически или в виде кинофильма [18, с. 16—29].

Однако МЭ с успехом применяется и в тех науках, где задачи исследования, по меньшей мере в настоящее время, не могут быть представлены в аналитической форме. В связи с этим метод чистой дедукции здесь оказывается неработающим. Тем не менее в этих науках метод МЭ с теми или иными разумными ограничениями оказывается применимым практически всегда. Необычность МЭ (с точки зрения классической математики) заключается в том, что при описании, например, совместного развития в некотором ограниченном пространстве двух популяций (зайцев и волков) могут полностью отсутствовать какие-либо формулы или уравнения. Их заменяют логико-временные связи, определяющие, при каких условиях, за какое время и с какой вероятностью одни ситуации могут переходить в другие. Причем в описании ситуаций используются как количественные (число особей в популяции и др.), так и качественные (например, характеристика погодных условий) параметры. В самом МЭ должны быть точно описаны определенным способом все мыслимые ситуации, возникающие в пространстве

обитания популяции, а также оценены вероятности переходов от одних ситуаций к другим. В математическом экспериментировании в соответствии с этими описаниями последовательно развертываются различные ситуации, вытекающие из некоторой заданной начальной ситуации. В ЭВМ осуществляется своеобразный «просмотр» всех эпизодов, из которых составляется жизнь леса и его обитателей.

С методолого-гносеологической точки зрения важно подчеркнуть особую значимость стохастического характера описания объекта. Оказывается, что даже при одних и тех же начальных ситуациях результаты экспериментов оказываются различными. Однако обработка их результатов и необходимые выводы из них делаются так, как если бы эксперименты производились с реальными объектами, а не с их описаниями. Поэтому МЭ «работает» и в тех случаях, когда эксперименты с реальными объектами либо затруднены, либо вовсе невозможны.

Оба эти примера, а число таких примеров можно значительно увеличить, убедительно доказывают, что модель в математическом эксперименте является мощным средством научного познания. Для того чтобы поддерживать такой статус, в понятие моделирования, как мы видели, должны включаться не только имитация на ЭВМ, но также последовательное изменение и анализ самой модели, проводимые как на начальных, так и на промежуточных стадиях эксперимента, и осуществление целенаправленных имитационных экспериментов, что предоставляет исследователю исчерпывающую информацию о моделируемой системе и помогает принимать решения об ее изменениях. Именно этим и объясняется введенное нами выше различие широкого и узкого понимания математического эксперимента. В широком понимании математического эксперимента математическая модель выступает лишь как пассивное начало. В узком же понимании она становится активным научным инструментом исследования, орудием познания.

2.3. Имитационный эксперимент

При исследовании сложных систем мы оцениваем процесс их функционирования целым комплексом показателей их работы. Разумеется, оценка такого функционирования одним показателем была бы односторонней и слишком упрощенной. В этом смысле главное назначение имитационного моделирования заключается в том, чтобы моделирующий алгоритм, его структура зависели бы не от набора показателей работы системы, а лишь от самой математической модели. Этого добиваются тем, что отдельные операции моделирующего алгоритма делают соответствующими «элементарным» явлениям, происходящим в системе, а последовательность выполнения этих операций — взаимодействиям указанных явлений или структуре системы (в рамках принятого исследователем способа деления системы на подсистемы). В этом смысле как раз и можно говорить об аналогичности имитационного эксперимента натурному.

В имитационной модели, как и в экспериментальной установке, представлены структурные части системы и окружающей ее среды. Одновременно имитационный эксперимент обладает рядом существенных преимуществ: в имитационной модели допустимы любые изменения, каждый фактор (сочетание факторов) может варьироваться по усмотрению исследователя, а сам он застрахован от тех катастрофических последствий, которые могут возникнуть в прямом натурном эксперименте.

Обычно считается, что имитационный эксперимент — это своеобразная замена натурального эксперимента. Сложился даже определенный стереотип, сущность которого связана с представлением имитационного эксперимента как чисто вычислительного расчета. В действительности это не так.

При изучении сложных систем вместо классификации их элементов по содержательному признаку методологически целесообразнее использовать классификацию математических методов, применяемых при исследовании этих элементов. Среди используемых математических моделей особое место занимают так называемые типовые математические схемы: а) дифференциальные и разностные уравнения, общие динамические системы, марковские процессы, регенерирующие процессы, кусочно-линейные (линейчатые) процессы. Наличие разработанных математических методов исследования этих схем (и их дальнейшая разработка) значительно повышает их ценность при использовании в качестве моделей элементов сложных систем.

Проведение моделирования во всей полноте осуществляется с помощью имитационной системы, которая может представляться как программный комплекс, состоящий из двух основных частей: 1) внутреннего программного обеспечения; 2) внешнего программного обеспечения. Если первая часть программного комплекса обеспечивает проведение машинного эксперимента (программная реализация, диалог и т. п.), то вторая — обеспечивает формирование модели, постановку машинного эксперимента, анализ свойств модели и принятие решения. Таким образом, имитационная система выполняет двойную роль. Во-первых, ее внутреннее программное обеспечение дает возможность «воспроизводить» на ЭВМ ту или иную математическую схему, описывающую исследуемую систему. Во-вторых, ее внешнее программное обеспечение, «программно отображая» математические методы исследования формальных схем, позволяет проводить целенаправленные имитационные эксперименты и анализ систем.

Все это дает возможность проводить имитационные эксперименты в таких областях научного познания, в которых проведение натуральных экспериментов принципиально невозможно, например история, археология, астрономия и т. д.

В качестве примера рассмотрим первую удачную попытку имитации историко-социального процесса, а именно историю греческих полисов времен Пелопоннесской войны [15]. Для постановки имитационного эксперимента большое значение имеет выбор объек-

та исследования. Прежде всего он должен быть относительно простым и хорошо изученным специалистами, в данном случае историками. Это значит, что должна иметься достаточная информация, чтобы приступить к эксперименту. Детали процесса не должны заслонять основного содержания, а сам объект должен представлять научный интерес для специалистов. С этой точки зрения было признано удачным политическое, экономическое и военное соперничество греческих полисов во времена Пелопоннесской войны.

Однако рассмотреть изучаемую ситуацию достаточно подробно (несмотря на ее относительную простоту) все же оказалось очень трудно. В связи с этим пришлось Афинский союз ограничить рассмотрением военно-экономического потенциала одной только Атики, включая денежные средства и корабли союзников. Что касается Пелопоннесского союза, то, кроме Спарты, были учтены военно-экономические потенциалы Коринфа и Фив.

В эксперименте пришлось схематично дать социальную структуру полисов. В частности, выделялись такие группы: крупные землевладельцы, средние землевладельцы (всадники), зажиточные землевладельцы (крестьяне), крестьяне безземельные (арендаторы), наемные рабочие, торговцы, богатые ремесленники, владельцы рабовладельческих мастерских и мелкие ремесленники. Причем рабы, составляя значительную часть населения, в самостоятельную группу не выделялись.

Центральный пункт исследования — это разработка системы причинных связей. В имитационной системе моделировалась эволюция состояния полисов в течение хода войны. Сами военные действия не моделировались. О характере потерь (в живой силе, снаряжении), об ущербе, который наносила война хозяйству, были приняты относительно правдоподобные гипотезы.

Для описания причинных связей используется, как правило, так называемый метод плюс-минус факторов. Сущность последнего заключается в том, что различные факторы, описывающие ситуацию, соединяются между собой стрелками, которые показывают их взаимное влияние. Знаки плюс и минус, которые ставятся на этих стрелках, показывают, уменьшают или увеличивают они соответствующую тенденцию. В результате применения этого метода была получена схема, аналогичная используемым в системной динамике Дж. Форрестера [20] и основывающимся на методе плюс-минус факторов, который начали применять еще в 20-е годы инженеры-радиотехники для анализа многоконтурных схем. Дж. Форрестер впервые применил эту технику для анализа сложных социально-экономических процессов. Это позволило ему разработать специальный алгоритмический язык «ДИНАМО». Оказалось, что, если одновременно со знаками плюс и минус на диаграмме причинно-следственных связей поместить коэффициенты, характеризующие интенсивность плюс-минус факторов, то язык «ДИНАМО» позволяет воспроизвести в ЭВМ всю траекторию процесса.

С методолого-гносеологических позиций не менее важно и то, что как значения интенсивностей, так и других характеристик изу-

чаемого процесса могут быть заданы на основе экспертных опросов. Именно поэтому методы системной динамики получили широкое распространение для анализа многих многофакторных задач, труднодоступных для формализованного описания.

Авторы анализируемого нами эксперимента избрали иной путь. Они использовали обыкновенные балансовые динамические уравнения с временным шагом, равным одному году. Всего таких уравнений оказалось больше двух тысяч, а при их насыщении содержательной информацией исследователи столкнулись с огромными трудностями. Дело в том, что разные исследователи античного мира дают существенно разные цифры. Например, один древний автор считал, что каждому рабу полагается в день 0,6 л вина, другой — что 1,5 л. У одних авторов даются одни цены на шерсть, у других — другие. В то же время у исследователей были некоторые абсолютные опорные цифры, такие, скажем, как средний доход крестьянина, количество талантов в казне Афинского государства в таком-то году и т. д. Представление всего материала в форме единой системы балансовых динамических соотношений позволило в режиме диалога построить не только реконструкцию всех экономических и количественных аспектов истории войны Афинского и Пелопоннесского союзов, но и уточнить целый ряд важных количественных характеристик хозяйственной, социальной и военной жизни греческих полисов. В частности, удалось установить реальную цену на шерсть и выяснить, что средний раб получал в день немногим более 0,5 л вина.

Итак, имитация процессов Пелопоннесской войны носила ярко выраженный коллективный характер, а успех этого эксперимента полностью обязан удачному и плодотворному сочетанию специалистов разных профилей, а именно математиков и историков. Проведение данного имитационного эксперимента убедительно доказывает, что в модельном многофакторном экспериментировании необходимо комплексное использование различных методов исследования (как формальных, так и качественно-содержательных). Именно такое комплексное использование различных методов в данном эксперименте позволило исследователям не просто получить существенно новую информацию о жизни античного мира, но, что не менее важно, сделать серьезный шаг в понимании того, как должен строиться имитационный эксперимент и как следует организовывать диалог в сложных междисциплинарных исследованиях. Тем самым впервые удалось сделать важный шаг в понимании того, какое место и какова роль имитационного моделирования в процессе изучения исторических явлений и процессов.

Ясно, что имитационный эксперимент органически входит в математический эксперимент, хотя и не сводится полностью к нему. С другой стороны, математический эксперимент включается в имитационный, но также к нему не сводится. Однако «пересечение» этих типов научного эксперимента не имеет четко очерченных границ, а представляет собой некоторую «размытую» область.

Таким образом, оказывается, что расширение границ существующей научно-экспериментальной практики непосредственно связано с широким использованием в процессе научного поиска таких новых методов исследования, как алгоритмическое и человеко-машинное моделирование.

2.4. Алгоритмическое моделирование

На протяжении длительного времени прогресс в научном познании обеспечивался широким использованием двух весьма мощных методов исследования: прямого и непосредственного изучения объекта исследования и изучения его математической модели. Критические случаи возникали тогда, когда исследователь не имел возможности непосредственно изучать интересующий его объект или построить относительно простую и удобную для исследования модель этого объекта. Достаточно сказать, что даже установление соответствия (или несоответствия) характеристик довольно простой технической системы заданным требованиям оказывалось возможным лишь на стадии испытаний уже изготовленной системы.

Появление и развитие ЭВМ на первых порах как будто бы не изменило этой ситуации, так как привычная последовательность действий требовала обязательного создания математической модели для последующего перехода к алгоритму. Однако изучение сложных систем вынудило исследователей отказаться от традиционного подхода и приступить к разработке качественно нового алгоритмического подхода к исследованию этих систем. Главная особенность такого подхода заключается в том, что модель изучаемой системы должны создаваться в виде алгоритма, непосредственно предназначенного для реализации на ЭВМ (4).

Принципиально новые возможности алгоритмического подхода позволили не только сделать шаг вперед на пути познания сложных систем, но и привели к разработке новых алгоритмических языков (SIMULA, DINAMO и др.), а также послужили основой для разработки идей искусственного интеллекта, методов МТЭ, обеспечивших для ЭВМ новые области применения.

Алгоритмическая модель системы представляет собой алгоритм, который позволяет по заданным исходным данным определять характеристики системы с помощью ЭВМ [10, с. 5]. Особую значимость приобретает то обстоятельство, что основой для построения этой модели в принципе может служить любая информация о системе, позволяющая построить нужный алгоритм. Оказывается, что алгоритмическую модель можно использовать тогда, когда практически невозможно построить математическую модель (например, при исследовании эргатических систем) или использовать аналитические методы и процедуры для получения прямого результата (скажем, в задачах оптимизации). Наиболее эффективным оказывается использование алгоритмического подхода в тех случаях, когда ЭВМ позволяют получить искомый результат на основе численного эксперимента, а не сложных математических процедур.

Этот подход нашел широкое применение в исследованиях многоэлементных, многосвязных систем с иерархической структурой (вычислительная сеть, территориально-производственный комплекс, дерево целей и др.), позволил приступить к решению таких суперсложных задач, как прогнозирование глобальных процессов, моделирование экономики и т. д.

Являясь естественным развитием математического моделирования, алгоритмическое моделирование позволяет нам разумно сочетать аналитические возможности математического аппарата, быстроедействие ЭВМ и эвристические способности исследователя.

2.5. Человеко-машинное моделирование

Гносеологические особенности исследования сложных систем фокусируются в специфике применения человеко-машинных систем (ЧМС) в современном научном познании и адекватно отображаются в организации процесса взаимодействия человека с ЭВМ в режиме диалога. Именно благодаря диалогу машинный эксперимент утвердился как метод исследования математической модели [7, с. 9], значительно расширились и углубились процессы «гуманитаризации» математики и математизации гуманитарных наук. Постепенно математика становится естественным орудием, инструментом исследования в экономике, истории и других общественных науках, а в математику входит эксперимент и принципы его организации.

Последнее особенно знаменательно. Дело в том, что математика становится одним из тех мостиков, которые соединяют естественнонаучное и гуманитарное мышление на базе междисциплинарных исследований. Такие исследования уже требуют широкого использования в них машинного, математического эксперимента и разнообразных автоматизированных систем. Участие человека в этом процессе обусловлено большой сложностью многофакторных задач, невозможностью полной формализации и соответственно автоматизации всех этапов научных исследований и, наконец, необходимостью использования эвристических способностей исследователя. Именно человеко-машинный диалог, имитационные системы и машинный эксперимент позволяют с помощью методологии МТЭ успешно решать вопросы такой сложности, как, например, построение математической модели биосферы и т. п., о которых в рамках однофакторного экспериментирования не могло быть и речи. При этом (что самое важное) методика экспериментирования с ЭВМ как с экспериментальной установкой открывает новые возможности для построения синтетических теорий, способных объединить в себе проблематику точных, гуманитарных и опытных наук.

Мы считаем, что серьезные трудности, возникающие при обосновании решений по распределению функций между человеком, вычислительной системой и автоматикой, возникают из-за сложности больших систем, неопределенности критериев, определяющих

качество ЧМС, а также неоднозначности альтернатив выбора. Объясняется это тем, что при исследовании сложных систем субъект не может быть элиминирован. Таким образом, в методологии многофакторного экспериментирования не «работают» вторая и четвертая предпосылки классической методологии экспериментирования. Одним из проявлений принципиальной неэлиминированности субъекта в исследовании сложных систем является включение теории прибора в теорию объекта.

Процесс экспериментальных исследований разделяется на три этапа: выбор плана эксперимента с построением матрицы наблюдений, проведение эксперимента и обработка его результатов. При этом участие человека оказывается необходимым на всех этих этапах. Несмотря на высокий уровень формализации планов проведения эксперимента, участие исследователя необходимо как для выбора независимых переменных, так и самого критерия оптимальности. При проведении эксперимента он включается в ход процесса с целью принятия решений, связанных с выбором различных алгоритмов исследования (из имеющейся библиотеки программ), с изменением параметров процесса в зависимости от результата исследований. Исследователь определяет оптимальную сферу применения различных алгоритмов, основанных на случайных и детерминированных процедурах. Если анализ показал, что модель неадекватна, то он может изменить структуру модели и провести повторный цикл определения параметров и анализа на адекватность. При отрицательном исходе повтора он принимает решение либо перебрать другие возможные варианты структур, либо остановить исследование с целью проведения более глубокого анализа физических параметров исследуемого объекта. Успех исследования во многом зависит и от способности исследователя проводить глубокий качественный анализ изучаемого объекта, знания им методологии МТЭ и, наконец, его уверенности и настойчивости в достижении поставленной цели. Например, лишь 80 000 (!) обращений к модели при проведении численных экспериментов для решения экстремальных задач, возникающих на различных этапах анализа и синтеза электрических машин, позволили осуществить синтез тактических процедур поиска, учитывающих специфику решаемого класса задач [13, с. 22].

Методология многофакторного экспериментирования непосредственно связана с тем, что, как отмечает У. Эшби, «не существует такой вещи, как (единственное) поведение очень большой системы, взятое *само по себе*, независимо от данного наблюдателя», а «наука (представленная открытиями нашего наблюдателя) занимается непосредственно не открытием того, какова система «в действительности», но согласованием открытий различных наблюдателей, каждое из которых является лишь частью или аспектом всей истины» [11, с. 154]. Поэтому применение ЧМС в современном научном познании оказывается наиболее эффективным, как правило, на базе использования их в диалоговом режиме работы.

Под диалоговым режимом работы понимается взаимодействие

исследователя с ЭВМ, основанное не только на формулировании вопросов и ответов системы и пользователя (собственно диалоговый режим), но и на изменении человеком параметров состояния системы (интерактивный режим). Именно в диалоговом режиме работы мы получаем возможность охватить все этапы исследований и в зависимости от полученных результатов провести многовариантные исследования, переход к которым невозможно алгоритмизировать. Управление самим экспериментом исследователь обычно проводит в интерактивном режиме, изменяя по ходу исследования состояние объекта, алгоритмы исследования и контролируя работу оператора, т. е. сам ЧМС становятся объектом экспериментального исследования.

Степень автоматизации тех или иных этапов экспериментального исследования различна и прямо зависит от глубины их формализации. При этом исследователи действуют по принципу «автоматизировать все то, что может быть автоматизировано». Например, обработка результатов — наиболее формализованный этап на базе идей и методов математической статистики. Большая часть его обычно проводится в автоматическом режиме или в комбинациях его с диалоговым режимом.

Интерпретация результатов эксперимента — наименее формализованный этап. Роль исследователя в нем является ведущей. Он оценивает степень достижения целей исследования, принимает решение о пересмотре выдвигаемых гипотез и изменении стратегии эксперимента. Сама автоматизированная система управления экспериментальными исследованиями здесь является своеобразным «подсобным средством».

С гносеологических позиций ясно, что экспериментальные данные не могут полностью подтвердить адекватность той или иной единственной модели для описания и объяснения изучаемой сложной системы. Наша задача — показать, что в реальных конкретных исследованиях сложных систем с помощью идей и методов МТЭ и ЭВМ осуществляется именно эта методология.

Действительно, решение задач, связанных с описанием и объяснением сложной системы, требует рассмотрения целого множества моделей, каждая из которых отображает некоторый специально выделенный аспект этой системы. При этом удается обосновать утверждение, что результаты экспериментов не противоречат той или иной рассматриваемой гипотезе. Если в результате исследования данная гипотеза не опровергается, то еще не доказывает того, что гипотеза может и должна быть принята безоговорочно, поскольку эти результаты могут не противоречить и множеству других гипотез.

Для того чтобы повысить степень объективности результатов исследования, ученый в рамках методологии МТЭ преднамеренно и осознанно вводит в рассмотрение несколько конкурирующих моделей, отображающих один и тот же аспект изучаемой системы. Причем в этом случае исследователь обращается, как правило, к моделям, нелинейным по одному или нескольким параметрам.

Для выбора наилучшей модели из класса заданных моделей осуществляется постановка так называемого дискриминирующего эксперимента. План такого эксперимента строится таким образом, чтобы поставить модели в критические условия, т. е. точки плана выбираются так, чтобы результаты измерений не были инвариантны относительно замены одной из конкурирующих моделей другой.

При таком планировании критерии оптимальности нельзя рассматривать в едином аксиоматическом построении. Более того, попытка численного сопоставления путем моделирования задач на ЭВМ оказывается неэффективной — для различных моделей, подлежащих дискриминации, получаются существенно разные результаты. В общем случае математическое планирование дискриминирующего эксперимента оказывается более эффективным по сравнению с традиционными методами выбора области эксперимента, основанными на интуиции. В то же время недостатки, ограниченность формализованного подхода к выбору гипотез делают методически «уязвимым» этот раздел МТЭ. Ясно, что формализованный подход должен объединяться с качественным, содержательным анализом стратегии проведения дискриминирующих экспериментов.

Однако в настоящее время нет достаточно строгих и объективных критериев того, что «истинная» в каком-то смысле гипотеза включена в рассматриваемое множество моделей. Сама дискриминация целинейных по параметру моделей позволяет нам проверять лишь их интерполяционную силу, хотя эти модели и претендуют на описание механизма исследуемых явлений. Хорошая модель в интерполяционном плане еще не является адекватной в плане действительного отражения всей сложности этих явлений, а также пригодной для экстраполяции. Кроме того, не удается обойти трудности, связанные с высокой закоррелированностью параметров нелинейных моделей.

Развитие МТЭ породило стремление строить сложные модели на базе глубокого и тонкого анализа «грубых» экспериментальных данных. При этом предполагалось, что ЭВМ смогут работать как своеобразные «математические спектрографы», разлагающие экспериментально наблюдаемые данные на компоненты, которые непосредственно не наблюдаются в опыте. В действительности ситуация гораздо сложнее.

Подытки использовать вычислительные методы математики для разложения на составляющие компоненты исходных экспериментально наблюдаемых данных столкнулись с противоречивостью традиционного понимания роли математической статистики в научно-познавательной деятельности. Оказалось, что в задачах с нелинейной параметризацией математическая статистика потеряла одно из своих важнейших достоинств, а именно: она не может быть наукой, дающей правила для оценки параметров, и мета-теорией, оценивающей надежность своих вычислений. Доверительные эллипсоиды (если их даже представить наглядно) отражают

только неопределенность, связанную со случайной ошибкой, и никаким образом не отражают неопределенность, связанную с возможной нестандартностью вычислительных процедур. Одна и та же нелинейная по параметрам задача не только в разных, но даже и в одном и том же вычислительном центре может быть решена по-разному. Стремление к использованию классического метода математической статистики сочетается с удивительным пренебрежением к оценкам неопределенности. Математически это означает, что в построениях нелинейных по параметрам моделей практически всегда отсутствует ковариационная матрица оценок параметров.

Согласно Р. Фишеру, задача статистики — это редукция данных, свертка экспериментальной информации. В методологии многофакторного экспериментирования математическая статистика, по существу, выступает в качестве инструмента, с помощью которого осуществляется развертка экспериментальной информации в форме диалога человека с ЭВМ. В связи с этим необходима существенная «переделка» самого метода математической статистики, отказ от поиска единственной адекватной модели и, наконец, представление результатов многофакторного эксперимента не одной, а множеством моделей. Само развитие МТЭ уже требует интенсивной разработки так называемых робастных планов, малочувствительных к возможному изменению моделей по крайней мере в пределах некоторого их класса.

Развитие нового научного направления, получившего название «*Data Analysis*», показывает, что подключение ЭВМ к решению задачи разложения результатов экспериментов по задающим их факторам привело к принципиально новой проблеме научного познания — свертыванию информации через ее развернутое представление. Если раньше свертывание информации производилось на логическом уровне, в процессе ее статистической обработки, то теперь такое свертывание осуществляется человеком в ее теоретическом осмыслении. ЭВМ развертывает во всем многообразии экспериментальную информацию. При этом возможности машин органически сочетаются с творческими возможностями человека, а сами ЧМС становятся качественно новой технической базой индустрии научного поиска.

§ 3. Методология многофакторного экспериментирования

3.1. Модель как активное орудие познания

Естественно возникает вопрос: какова же основа методологии многофакторного экспериментирования? Мы считаем, что организация и проведение многофакторного эксперимента, анализ полученных результатов, выдвижение новых гипотез и утверждений и, наконец, обобщение и получение новых знаний об изучаемом объекте, т. е. все этапы такого эксперимента существенным образом связаны с моделированием эксперимента как сложного структурно-функционального образования. Ведущую роль здесь играет мате-

математическое моделирование с широким использованием математической теории эксперимента, ЭВМ и сложных человеко-машинных систем (ЧМС). При этом существенные изменения претерпевает само понятие «модель». Если раньше модель выступала только в качестве средства замещения изучаемого реального объекта, то теперь, сохраняя и эту функцию, она выступает в роли активного орудия познания, инструмента научного исследования. Широкое использование моделей в современной науке закономерно привело к возникновению нового типа научного познания, который с полным основанием можно назвать «модельным познанием» [8].

Как известно, в последнее время внимание многих исследователей было привлечено к выяснению места и роли моделей в научном познании. Однако ни в одном из этих исследований не рассматривался вопрос об активной роли модели в процессе познания. Впервые эти вопросы в явной форме были поставлены одним из авторов данной статьи.

Мы считаем, что в настоящее время функции модели как активного орудия научного познания наиболее полно реализуются в математическом эксперименте. МЭ и модельный многофакторный эксперимент не только сохраняют все достоинства натурального однофакторного эксперимента классической науки, но и многократно приумножают их. Таким образом, в современной науке важнейшим методом исследования сложных систем, многофакторных объектов и ситуаций является именно метод моделирования. Этот метод не может опираться только на индукцию или дедукцию в отдельности, необходим их сложный синтез, развертывающийся, в частности, в гипотетико-дедуктивной схеме организации, постановки и ведения научно-экспериментальных исследований.

3.2. Логическая структура эксперимента

Одним из важнейших аспектов изучения и развития метода моделирования является исследование логической структуры многофакторного эксперимента. С общих гносеологических позиций в экспериментальной деятельности можно выделить три основных аспекта: объектный, субъектный и интерактивный (взаимодействия).

Объектный аспект включает в себя: 1) объект эксперимента, в частности, выделение исходного материала намечаемых преобразований; 2) поведение исследуемого объекта до, во время и после эксперимента; 3) реакции исследуемого объекта; 4) результат эксперимента в предметной или знаковой формах.

Субъектный аспект включает в себя: 1) экспериментатора (субъект); 2) осознание цели, которая ведет к выработке стратегии эксперимента; 3) реакции субъекта; 4) выводы заключений; 5) переход от идеализаций и моделей объектов, на основе которых строится эксперимент, к теории исследуемого объекта.

Интерактивный аспект включает в себя: 1) процесс (ход) эксперимента; 2) экспериментальные средства познания; 3) деятель-

ность с объектами оперирования; 4) воздействия на объект эксперимента; 5) восприятия воздействий на объект эксперимента; 6) наблюдения экспериментатора.

Структура взаимосвязей между этими элементами экспериментального исследования определяет алгоритм его проведения. Причем раскрытие всех элементов возможно лишь при «выходе» за рамки эксперимента.

На наш взгляд, методология однофакторного экспериментирования в классической науке основывалась на учете только объектного аспекта. Этим и объясняется то, что мы относим понятие «однофакторный эксперимент» к единичным понятиям. Конечно, как субъективный, так и интерактивный аспекты не могли не учитываться при организации и проведении реального однофакторного эксперимента. Однако эти аспекты, по существу, относились к мастерству экспериментатора. Поэтому в классической науке они не исследуются, чем и объясняется односторонность и ограниченность методологии индуктивизма и беспомощность индуктивной логики как инструмента исследования. В классической науке она действительно выполняла функцию аналитического инструмента, позволяющего исследовать экспериментальную деятельность лишь *post factum*.

Ситуация существенно меняется в связи с переходом современной науки к многофакторному экспериментированию. В многофакторном эксперименте необходимо учитывать все три аспекта в их органическом единстве. В этом типе эксперимента на субъектном аспекте может выступать не только экспериментатор (коллектив исследователей), но и модель, имитирующая его функции, т. е. имитационная модель. Последняя позволяет реализовать экспериментальный поиск решения лишь определенного (выделенного) класса задач. Поэтому понятие «многофакторный эксперимент» мы относим к особым.

В модельном многофакторном эксперименте модель может заменять любой элемент экспериментального исследования в каждом из трех указанных аспектов или во всех вместе. При этом модель, заменяющая изучаемый объект, допускает множество реализаций, отличных от единственной реализации в натурном эксперименте. По этой причине мы и относим понятие «модельный эксперимент» к общим понятиям.

Однако логическая структура эксперимента не является единственным компонентом, полностью определяющим феномен эксперимента. Важнейшим компонентом эксперимента является его материальная структура. Этот компонент является важным не только в натуральных, но и в модельных экспериментах. Для последних большое значение имеет язык, на котором описывается модель, архитектура машины, на которой выполняется данный эксперимент и т. п. Материальные элементы эксперимента приводятся исследователем в единую структуру не произвольным образом, а располагаются и связываются друг с другом в соответствии как с логикой гипотезы и уже известных открытий, так и с методологией

научно-экспериментального исследования. Эту структуру мы и называем материальной структурой эксперимента. Ясно, что логическая структура не определяет полностью материальную структуру эксперимента.

В процессе математического экспериментирования исследователь «извлекает» логику перевода вероятностной стороны эксперимента в детерминированную, давая ему теоретически обобщенное выражение и логическое обоснование. В имитационном эксперименте осуществляется рациональный синтез динамического и статистического подходов, а также вероятностная адаптация логической структуры математического эксперимента к логической структуре необходимого реального эксперимента.

Вероятностная структура математического эксперимента тесно связана с прогнозированием того, какие материальные и логические действия приведут к достижению поставленной экспериментальной цели. Сама возможность «нащупать» логическую структуру реального эксперимента базируется на том характере вероятностного прогнозирования, который связан с потребностями и целями исследователя, умением его воздействовать на экспериментальную среду и ход событий, планировать и осуществлять целенаправленные действия. Так как механизм вероятностного прогнозирования функционирует на уровне операций, то при выборе операций субъект учитывает не только вероятность наступления некоторой ситуации, но и ее значимость (отношение желаемого прогнозируемого результата к тому способу действия, с помощью которого этот желаемый результат может быть достигнут с максимальной вероятностью). В целом они и составляют вероятностную структуру достижения результата, планирование той операции, которая с максимальной вероятностью приводит к поставленной цели. При этом диалектико-материалистическая методология позволяет эффективно вычленить «объективное» и «субъективное» как в научном познании, так и в эксперименте.

В отличие от методологии однофакторного экспериментирования методология многофакторного экспериментирования базируется на следующих предпосылках: 1) овеществление знаний в экспериментальном приборе не является жестко однозначным; 2) экспериментальный прибор представляет собой многофункциональную систему; 3) результаты эксперимента представляются не одной, а множеством моделей; 4) логика экспериментирования формируется как логика получения максимума информации по минимуму опытов.

В гносеологическом аспекте логическая структура, с одной стороны, является упрощенным приближением к материальной структуре эксперимента, а с другой — находится в полном соответствии с логикой мышления. Поэтому новое открытие может или подтвердить гипотезу, или опровергнуть ее, или оказаться неожиданным, непосредственно не связанным с проверяемой гипотезой или решаемой проблемой. Именно так и реализуется диалектика необходимого и случайного в научном эксперименте.

3.3. Сущность формализации научного эксперимента

Следующим шагом, необходимым для построения модели эксперимента, является его формализация. Переход от содержательного описания научного эксперимента к формализации связан с уточнением его логического, математического и физического смысла.

Формализация научного эксперимента осуществляется средствами математической статистики и математической логики и непосредственно ориентирована на использование ЭВМ и научных исследованиях. В то же время поиск адекватной формальной модели изучаемого объекта свидетельствует о том, что «далеко не всегда каждый „ход мысли“ в плоскости знаковой формы воспроизводит движение мысли в плоскости содержания знания, и наоборот» [5, с. 75]. Поэтому формализация тесно связана с научным творчеством, «индикатором» наличия которого и выступает несоответствие логической и материальной структуры эксперимента до его окончания.

В теоретико-познавательном аспекте формализация научного эксперимента связана, во-первых, с вычленением и уточнением логической структуры МТЭ (ее логических оснований), а также с классификацией ее различных разделов по определенным свойствам. Во-вторых, она выполняет своеобразные унифицирующие и обобщающие функции относительно экспериментальных разделов научного знания, а также эмпирических методов познания. В-третьих, делает процесс экспериментирования более надежным и объективным, а сам эксперимент более доказательным и информативным. В-четвертых, раскрывает эвристические возможности математических методов исследования в экспериментальном познании. В-пятых, имеет большое практическое значение в плане создания разнообразных систем автоматизированного эксперимента с целью автоматизации научных исследований.

Итак, в процессе формализации эксперимента большое значение имеет вычленение того содержания, которое мы вкладываем в интуитивное понятие эксперимента. Содержание последнего достаточно широко: от простой реализации заранее предопределенных приемов, действий и процедур до организации экспериментального исследования в целом с формированием в процессе эксперимента математической модели изучаемого объекта, стратегии ведения эксперимента и поведения экспериментатора. Поэтому всякая формализация связана с упрощением и огрублением наших интуитивных представлений о сущности и структуре эксперимента.

В современной науке интуитивное понятие «эксперимент» эксплицируется через понятие «автоматизированная система эксперимента». Последнее понятие, в свою очередь, эксплицируется с помощью понятия «информация», которое трактуется как «сведения» о процессе экспериментирования. Представление автоматизированных систем эксперимента в виде автоматизированных

информационных систем позволяет широко использовать математическую логику, теорию множеств, реляционную алгебру, теорию формальных языков, теорию алгоритмов и теорию сложных систем.

Главной предпосылкой формализации эксперимента является то, что в качестве экспериментатора может выступать и техническая система, способная реализовать стратегию этого эксперимента. При этом необходимо выделить систему исходных понятий научного эксперимента, образующих основу его структурной целостности. В качестве таковых выступают понятия «экспериментатор», «процесс (ход) эксперимента», «цель эксперимента», «объект эксперимента». В этом случае интуитивное понятие эксперимента есть понятие процесса, который состоит из таких этапов: 1) воздействие на объект эксперимента; 2) восприятие воздействия на объект эксперимента и его реакции; 3) наблюдение экспериментатора; 4) вывод следствий, которые направлены на продолжение процесса для достижения поставленной цели эксперимента и его окончания [2, с. 5]. Четкая фиксация тех свойств, которые выбраны для отражения содержания эксперимента в его формальном определении, позволяет осуществить постепенный переход от интуитивного к формальному понятию.

При формализации эксперимента мы имеем дело с введением некоторого символического языка и точным заданием правил дедукции. Это позволяет не только значительно расширять наши возможности нахождения новых организационных форм эксперимента в результате его формализации, но и существенно увеличивать наши возможности в проведении логически правильных рассуждений.

Гносеологическая эффективность формализации определяется возможностью разделения действий экспериментатора на действия с компонентами творчества и действия чисто механические, связанные с реализацией уже известных экспериментальных процедур. Во многих случаях она позволяет переносить из теории формальных систем, математической логики, теории формальных языков, теории информации и кибернетики развитые в них методы и полученные результаты в теорию эксперимента, а также более полно и четко производить типизацию экспериментов по тому или иному общему свойству. Например, по выбору типа модели объекта эксперимента различают эксперименты с детерминированной, недетерминированной и вероятностной моделью объекта. По степени участия экспериментатора в процессе эксперимента различаются: активные, пассивные и активно-пассивные эксперименты. Если в первых исследователь активно воздействует на функционирование объекта, то в пассивных он выступает лишь в роли наблюдателя. При активно-пассивных экспериментах экспериментатор не имеет возможности непосредственно воздействовать на сам объект, хотя он и может смоделировать его с помощью имитационной системы. Это свойство широко используется, например, при изучении экономики.

Формально-логический подход к эксперименту заключается в более глубоком раскрытии взаимосвязи между объектом эксперимента, его моделью и воздействием экспериментатора. Для анализа и классификации информации, используемой при постановке и интерпретации эксперимента, используются некоторый предметный язык L и язык L' . На языке L описываются: 1) математическая модель объекта эксперимента; 2) средства экспериментатора; 3) исходная информация; 4) процесс эксперимента — информация, которая получается в ходе эксперимента и невыводима чисто логически из видов информации 1) — 3); 5) промежуточная информация, которая возникает в результате систематизации и преобразования информации, а также осуществления шагов дедукции. Язык L' используется для описания цели эксперимента, стратегии экспериментатора, условий и ограничений на эксперимент, конечного результата эксперимента.

К языку L предъявляются достаточно жесткие требования, в то время как в качестве языка L' может использоваться естественный язык с формализованными фрагментами. Если считать, что строгой формализации должен быть подвергнут только язык L , то понятия формальной аксиоматической теории интерпретируются следующим образом: множеством формул (гипотез) Γ являются те формулы языка L , посредством которых описываются объекты, указанные в пунктах 1) — 4). При этом роль выводимых формул заключается в том, чтобы классифицировать формулы Γ и приводить их к виду, удобному для их использования при совмещении языков L и L' .

Под формализацией объекта эксперимента понимается сопоставление объекту эксперимента математической модели. Средства экспериментатора формализуются по мере уточнения их связи с объектом эксперимента. Причем под формализацией «средств экспериментатора» понимается сопоставление каждому конкретному средству некоторого отображения множества моделей объекта эксперимента M в себя таким образом, что формализация средства экспериментатора φ представляет собой отражение вида $\varphi: M \rightarrow M$. При формализации понятия «экспериментатор» ей подвергаются лишь те функции исследователя, которые прямо и непосредственно связаны с выбором воздействий на объект эксперимента и анализом процесса эксперимента, направленным на формирование результата эксперимента.

Анализ процесса экспериментирования — это выяснение вопросов, связанных с тем, в какой мере достигнута цель эксперимента, имеет ли смысл продолжать эксперимент, каков результат эксперимента и т. д. Поэтому формализация процесса (хода) эксперимента — это указание соответствующих правил вывода заключений.

Под формализацией понятия «цель эксперимента» понимается задание модели из данного класса моделей M . При этом обычно ограничиваются тем предположением, что источником новой, логически невыводимой информации об изучаемом объекте является

только сам объект. В этом случае не учитывается то, что эта информация может быть получена исследователем совершенно иным путем, например из сделанных открытий в других областях знаний. Тем самым проблема выбора модели и критериев правильного выделения объекта эксперимента не может быть формализована полностью. В общем случае различным уровням структурного представления объекта эксперимента соответствуют различные типы моделей.

Поэтому в многофакторном эксперименте на вероятностной основе синтезируются два метода исследования: эмпирико-интуитивный (позволяющий производить коррекцию моделей и получение новой невы выводимой информации) и логико-дедуктивный (обеспечивающий формализацию и строгость получения выводов). Только с возникновением математической теории моделей на стыке алгебры и математической логики на базе широкого использования машинного эксперимента в научных исследованиях возникли существенно новые возможности и пути для формализации этого компонента эксперимента. Данная теория позволяет в математической форме адекватно отобразить взаимосвязь формального и содержательного в современной науке. При этом ученый в состоянии: 1) различать эксперименты по глубине проникновения в сущность объекта, в его структуру, законы функционирования т. д.; 2) проводить эксперимент тогда, когда объект эксперимента рассматривается как «черный ящик». Если получена информация, достаточная для более точного представления об объекте эксперимента, то «черный ящик» может быть заменен своеобразной композицией «черных ящиков». При этом из множества моделей выделяются подмножества M_1, M_2, M_3, \dots , элементами которых являются модели определенного уровня структурного представления. Такое выделение позволяет формализовать накопление информации в процессе эксперимента, а также выразить формальными средствами возможный переход экспериментатора от одного уровня представления об объекте эксперимента к другому. При этом сам переход требует четкого различения динамической и вероятностной структуры научного эксперимента как в динамическом, так и в вероятностно-статистическом подходах к изучению сущности, роли и значения его в развитии науки и техники.

Как известно, понятие о «динамической структуре» рождено классическим представлением о научном эксперименте как о строго детерминированной системе в пределах того или иного раздела знаний, и прежде всего физики. В то же время понятие о «вероятностной структуре» рождено и связано с более глубоким и всесторонним осмыслением роли и значения случая в экспериментальной стратегии.

Вероятностная структура эксперимента — это своеобразная вероятностная модель данной экспериментальной ситуации. Своеобразие этой модели обусловлено характером субъектно-объектных отношений в данном классе экспериментов, в силу чего она позволяет достаточно глубоко проникать в сущность и структуру

данного типа эксперимента, резко облегчает операционный поиск — поиск необходимых материальных и мыслительных операций для непосредственной практической реализации этой ситуации. Одновременно оптимизируется сам процесс экспериментирования посредством адаптации «мысленного» планирования к реальной структуре материального эксперимента на базе соответствующей математической структуры.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. Методология индуктивизма (основывающаяся на таких предпосылках, как возможность выделения изучаемого свойства в «чистом» виде, возможность разделения факторов в пространстве и времени и изменения факторов по одному), «работающая» при исследовании простых систем в рамках однофакторного эксперимента, оказывается неприменимой для исследования сложных систем и многофакторного экспериментирования. Для многофакторного эксперимента, с помощью которого только и можно исследовать сложные системы, не выполняются вышеуказанные предпосылки.

2. Основой методологии многофакторного экспериментирования выступает гипотетико-дедуктивный метод, позволяющий глубже и полнее исследовать логическую структуру эксперимента на базе представления его как сложного структурно-функционального образования. Методология индуктивизма, также претендовавшая на вскрытие этой структуры, в действительности позволяла обнаружить лишь самые поверхностные свойства ее, полностью игнорируя при этом «субъективный» аспект экспериментальной деятельности. Методология многофакторного эксперимента учитывает органическое единство «субъективного» и «объективного» аспектов экспериментальной деятельности и позволяет раскрыть глубинную связь между логической и материальной структурой эксперимента.

3. При исследовании сложных систем оказывается принципиально невозможным элиминировать субъект исследования, наблюдателя. Сложная система представляется множеством различных ее аспектов. Поэтому результаты многофакторного эксперимента должны представляться не одной, а множеством моделей, лишь в совокупности способных отобразить сущность этой системы.

4. В многофакторном экспериментировании модель выступает не только в качестве средства замещения реального объекта, но и как активное орудие познания, инструмент получения нового знания. Это позволяет говорить о том, что новый тип научного познания — модельное познание — получает здесь свое подлинное развитие. Основным средством реализации модельного познания становится машинный, математический эксперимент.

5. Если раньше свертывание информации производилось на логическом уровне в процессе ее статистической обработки, то теперь оно осуществляется человеком при ее теоретическом осмыслении. ЭВМ развертывает во всем многообразии эксперименталь-

ную информацию, а возможности машины органически сочетаются с творческими возможностями человека в рамках концепции человеко-машинного диалога. В задачах с нелинейной параметризацией математическая статистика потеряла одно из своих главных достоинств, а именно: она не может быть наукой, дающей правила для оценки параметров, и метанаукой, оценивающей надежность своих вычислений. Таким образом, при исследовании сложных систем в рамках многофакторного экспериментирования обнаружилась не только недостаточность индукции, но и необходимость «переделки» классического метода математической статистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 46, ч. 1.
2. Богомолов А. М., Твердохлебов В. А. Целенаправленное поведение автоматов. Киев, 1975.
3. Вовк С. Н. К вопросу о логико-гносеологических предпосылках математизации научного эксперимента // Проблемы развития познания. Кишинев, 1981.
4. Кулик В. Т. Алгоритмизация объектов управления. Киев, 1969.
5. Кураев В. И. Диалектика содержательного и формального в научном познании. М., 1977.
6. Милль Дж. Система логики силлогистической и индуктивной. М., 1914.
7. Моисеев Н. Н. Математика ставит эксперимент. М., 1979.
8. Пятницын Б. Н. Философские проблемы вероятностных и статистических методов. М., 1976.
9. Пятницын Б. Н., Рудая С. П. Индуктивная логика как аналитический инструмент классической науки // Наст. сб.
10. Пономарев В. М. Алгоритмические модели в задачах исследования систем // Алгоритмы и системы автоматизации исследований и проектирования. М., 1980.
11. Эшби У. Введение в кибернетику. М.; Л., 1959.
12. Эшби У. Конструкция мозга. М., 1962.
13. Кибернетика: Информационные материалы. Вып. 3 (118). М., 1981.
14. Абрамов И. Я., Розвардер А. Е., Кафаров В. В. Исследование процесса псевдооживления полидисперсных смесей глинистых материалов с помощью методики математического планирования эксперимента // Журн. прикл. химии. 1971. Т. XIV, № 8.
15. Гусейнова А. С., Кузицын В. И., Павловский Ю. П., Устинов В. А. Опыт эмитационного моделирования историко-социального процесса // Вопр. истории. 1976. № 11.
16. Кудрявцев Л. Д. Мысли о современной математике и ее изучении. М., 1977.
17. Лебех Г. Об измерении величин. М., 1938.
18. Лебайн Р. Суперкомпьютеры // В мире науки. 1983. № 1.
19. Налимов В. В. Теория эксперимента. М., 1971.
20. Форерстер Дж. Мировая динамика. М., 1978.



О ЛОГИКАХ ОТКРЫТИЯ

При расширении эмпирического знания мы всегда имеем дело сначала с возникновением новой гипотезы, а затем — с ее проверкой. Поэтому в проблеме индукции условно можно выделить два аспекта: проблему обоснования имеющихся гипотез (логика обоснования) и проблему методов получения новых гипотез (логика открытия).

Эти два аспекта проблемы индукции тесно взаимосвязаны: получать мы хотим не какие попало гипотезы, а именно *оправданные*; с другой стороны, оправдывать мы хотим не все что угодно, а именно *возникающие* гипотезы. Однако, несмотря на эту взаимосвязь, логика открытия в настоящее время технически значительно менее развита, чем логика обоснования. И хотя интуитивно довольно понятно, что имеют в виду, когда говорят в современной литературе о логике открытия, тем не менее не известно ни одной попытки представить это понимание в технически разработанном виде. Именно такого рода попытки предпринимаются в настоящей работе.

Идеальным решением проблемы логики открытия было бы, несомненно, создание некоторого универсального приема, с помощью которого мы могли бы автоматически выполнять функции естествоиспытателя-теоретика в процессе открытия им новых законов природы, или, точнее, в процессе создания новых естественнонаучных теорий. Поэтому предварительно следует уяснить себе, что получение новой теории состоит в следующем. Наблюдается какой-то круг явлений, и эти наблюдения фиксируются в некотором, быть может очень большом, но конечном отсчете pr_0 . Объекты, которые были подвергнуты наблюдению, также образуют, быть может, очень большое, но конечное множество A_0 . Кроме того, в качестве отправного пункта исследования имеется еще некоторая относящаяся к делу информация в виде уже известной эмпирической теории h_0 . Акт открытия новой теории состоит в том, что исследователь по тройке $\langle h_0, pr_0, A_0 \rangle$ указывает теорию h_1 , такую, что h_1 более определенно высказывается об интересующем нас материале, чем h_0 .

Пусть f — функция, ставящая в однозначное соответствие каждой тройке $\langle h_0, pr_0, A_0 \rangle$ некоторую теорию h_1 из некоторого подходящего класса. Назовем эту функцию логикой открытия, если предполагается использовать ее следующим образом: если $h_1 = f(h_0, pr_0, A_0)$, то h_1 *принимается* нами всякий раз, когда *принимается* исходная теория h_0 . Теперь упомянутый выше прием, с помощью которого мы могли бы автоматически открывать новые естественнонаучные теории, разумно понимать как некоторую логику открытия, удовлетворяющую определенным ограничениям.

В связи с этим проблема, исследуемая в настоящей статье, такова: требуется найти, сформулировать и обосновать упомянутые ограничения на f и затем изучить класс тех f , которые этим ограничениям удовлетворяют.

Исно, что для решения этой задачи сначала необходимо подходящим образом определить понятия эмпирической теории, наблюдения, отчета о наблюдениях и т. п. Этот предварительный этап осуществляется в первой части статьи. Собственно логикам открытия посвящена вторая часть.

1.0. Любая естественнонаучная теория в том виде, в каком она фактически существует, — крайне сложный объект для изучения, обладающий массой характеристик. Однако с точки зрения проблемы индукции, в рамках которой обсуждаются модели роста не какого-либо вообще, а именно *эмпирического* знания, существенными характеристиками теории являются только те, которые ответственны за способность теории предвидеть будущие события, принципиально доступные наблюдению. Поэтому в рамках настоящей работы всякая эмпирическая теория, о каких бы «высоких материях», сугубо абстрактных и сугубо теоретических, в ней речь ни шла, есть в конечном счете всего лишь способ предположительно высказаться о том, что, если мы будем *наблюдать* мир *определенным* образом O , то никогда не получим наблюдений определенного типа M . При этом мы тогда и только тогда говорим, что данную эмпирическую теорию мы *принимаем* (а не просто излагаем), когда соглашаемся не ожидать событий типа M , если в нашей деятельности мы не собираемся выходить за рамки осуществления способа наблюдений O . Согласившись чего-то не ждать, мы тем самым освобождаем наши ресурсы на подготовку к событиям другого типа; однако не исключено, что, приняв какую-нибудь теорию, мы поступили опрометчиво; и когда это выясняется (в результате фактического наблюдения события, которое мы согласились не ожидать), мы говорим, что теория оказалась *ошибочной*, или *ложной*, или *фальсифицированной*.

Разумеется, читатель вправе полагать — и это не связано с каким-либо ущербом для нашего предмета, — что сверх сказанного эмпирическая теория есть и еще что-то, например, что она есть лишь приблизительно верная или совсем неверная «картина мира», что она высказывается не столько о «явлениях», сколько о «сущностях» и т. п. Но, что бы сами по себе такие характеристики теорий ни означали, они нас, потенциальных *практических* потребителей эмпирических знаний, просто не интересуют. С ограниченной точки зрения, проводимой здесь, любая теория, которая есть нечто большее, чем пара $\langle O, M \rangle$, содержит «излишества», улучшающие, быть может, изложение теории, но, во всяком случае, не необходимые для того, чтобы эта теория служила средством ориентации в потоке наблюдений, называемом жизнью в широком смысле слова.

Варьируя всевозможные описания всевозможных способов наблюдений O и типов наблюдений M , мы пробегаем все мыслимые

эмпирические теории. Однако никогда нет нужды иметь дело сразу со всем этим необозримым классом сколь угодно разнообразных описаний. Фактически достаточно выделить всего лишь один подходящий способ описания всевозможных \mathcal{O} и \mathcal{M} , чтобы ничего не упустить из того, что нас по существу интересует в эмпирических теориях. Такой *канонический* способ описывать \mathcal{O} и \mathcal{M} предлагается ниже. Предварительно мы должны уточнить понятие наблюдения.

1.1. Итак, первый вопрос: что такое наблюдение? Или: а что собственно мы наблюдаем, когда мы что-то наблюдаем? Общий ответ заключается в том, что мы наблюдаем всякий раз какую-то конечную систему, состоящую из того, что мы называем объектами наблюдения, и того, что мы называем свойствами или связями этих объектов. И здесь имеется значительный простор для соглашений, по-разному уточняющих смысл того, что понимается под конечной системой из объектов, их свойств и связей.

Чтобы дать почувствовать этот простор, приведем, например, два разных уточнения. Первое из них: мы можем полагать, что наблюдаемая (в данный текущий момент) система — это просто $k + 1$ -ка $\langle A, \mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k \rangle$, где A — какое-то конечное множество¹, элементы которого суть как раз то, что мы называем объектами наблюдения; $\mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k$ — какие-то отношения на A , их мы называем наблюдаемыми свойствами или связями объектов из A . Второе уточнение: наблюдаемая система — это $k + 1$ -ка $\langle A, R_1, \dots, R_k \rangle$, где A — по-прежнему конечное множество наблюдаемых объектов, а R_1, \dots, R_k — не обычные, а 3-значные (с третьим значением истиности «не имеет смысла») отношения на A .

Список подобных уточнений можно было бы продолжать неопределенно долго. В зависимости от конкретных целей можно выбирать то или иное конкретное понимание наблюдения. В частности, в этой работе мы считаем, что наблюдение есть $k + 1$ -ка $\langle A, \mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k \rangle$, где A есть конечное множество, а $\mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k$ — обычные отношения на A (первое из приведенных выше уточнений), т. е. для нас наблюдения суть просто конечные модели конечной сигнатуры.

Любую из этих моделей можно, разумеется, описать многими способами, и один вид таких описаний состоит из специальных языковых конструкций, которые мы сейчас определим под названием отчетов.

Пусть \mathcal{M}^v — класс всех конечных моделей сигнатуры $v = \langle P_1, \dots, P_k \rangle$. Пусть α — фиксированный счетный алфавит символов, отличных от P_1, \dots, P_k . Для любой M из \mathcal{M}^v пусть $D^{v,\alpha}(M)$ есть диаграмма модели M , индивидуальные символы которой (диаграммы) принадлежат α ².

¹ «Конечное множество» — сокращение для «конечное непустое множество».

² Определение диаграммы см. в [5, с. 172]. По существу, диаграмма есть карнаповское «описание состояния».

Отчетом pr^v (в словаре v) будем называть произвольный элемент класса $\{D^{v,\alpha}(M) \mid M \in \mathcal{M}^v\}$. Если мы хотим подчеркнуть, что для данных M и pr^v имеет место равенство $pr^v = D^{v,\alpha}(M)$, мы называем pr^v отчетом (в словаре v) наблюдения M и пишем $pr^v(M)$ вместо pr^v .

Базисом $B(pr^v)$ данного отчета pr^v мы называем множество всех индивидуальных констант, участвующих в записи этого отчета. (Очевидно, для любого pr^v , $B(pr^v) \subset \alpha$).

Мощностью $B(pr^v)$ отчета pr^v называется мощность множества $B(pr^v)$. (Если наблюдение, подлежащее описанию, есть модель $M = \langle A, \mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k \rangle$, то мощность отчета $pr^v(M)$ этого наблюдения совпадает с мощностью множества A наблюдаемых объектов и, следовательно, всегда конечна.)

Отчеты pr_1^v и pr_2^v изоморфны ($pr_1^v \simeq pr_2^v$), если, и только если они могут быть сделаны равными взаимно-однозначной переименовкой базиса одного из них. Ясно, что одному наблюдению M соответствует счетное число изоморфных отчетов $pr^v(M)$ этого наблюдения. С другой стороны, один и тот же отчет pr^v может описывать различные наблюдения M и M' , лишь бы эти наблюдения были изоморфны как модели: $M = \langle A, \mathcal{P}_1, \dots, \mathcal{P}_k \rangle \simeq \langle A', \mathcal{P}'_1, \dots, \mathcal{P}'_k \rangle = M'$.

1.2. Вернемся к понятию эмпирической теории. Еще раз подчеркнем, что, с нашей ограниченной точки зрения, как бы ни выглядела эмпирическая теория, о каких бы вещах в ней речь ни шла, она имеет эмпирический смысл ровно настолько, насколько она задает ранее упомянутые \mathcal{O} и \mathcal{M} . Это значит, что в наших представлениях о том, что такое наблюдение, мы можем всякую эмпирическую теорию h отождествлять с подходящей тройкой $\langle v, obs^v, T^v \rangle$, где:

а) v — конечное множество символов вида $P_1^{m_1}, \dots, P_k^{m_k}$. Каждый символ $P_i^{m_i}$, $i = 1, \dots, k$, называется m_i -арным предикатным символом, а само множество v называется словарем (или сигнатурой) теории h ;

б) obs^v — инструкция о том, как и чем проводить наблюдения, чтобы они вообще относились к рассматриваемой теории. От этой инструкции требуются только две вещи:

б1) чтобы для любого наблюдения, как бы оно ни было проведено, мы могли сказать, получено ли оно в соответствии с инструкцией obs^v или в нарушение ее;

б2) чтобы любое наблюдение, если оно получено в соответствии с obs^v , было конечной моделью сигнатуры v и, следовательно, допускало описание каким-нибудь отчетом в словаре v ³;

в) T^v — произвольный алгоритм (называемый тестовым), такой, что:

³ Заметим, что инструкция obs^v — не синтаксический объект, так как она есть не бессодержательный набор символов, а осмысленный текст, который мы должны понимать. Когда два человека один и тот же такой текст трактуют по-разному, то они имеют дело с различными obs -ами.

в1) T^v определен на всяком отчете pr^v в словаре v и принимает только два значения (0 или 1);

$$(\forall pr^v)(T^v(pr^v) = 0 \vee T^v(pr^v) = 1);$$

в2) на изоморфных отчетах T^v принимает равные значения:

$$(\forall pr_1^v)(\forall pr_2^v)(pr_1^v \simeq pr_2^v \Rightarrow T^v(pr_1^v) = T^v(pr_2^v));$$

в3) T^v хоть на одном отчете принимает значение 1:

$$(\exists pr^v)(T^v(pr^v)) = 1.$$

Пусть задана какая-то теория h в виде тройки

$$\langle v, obs^v, T^v \rangle: h = \langle v, obs^v, T^v \rangle.$$

Тогда ее эмпирический смысл вполне определяется следующим соглашением: для всякой конечной модели M считается, что h опровергается наблюдением M , если, и только если модель M есть наблюдение, полученное в соответствии с obs^v (и, следовательно, M имеет сигнатуру v), а $T^v(pr^v(M)) = 0$ ⁴. Если h не опровергается наблюдением M , то считается, что h согласуется с M . Ясно, что требования б1), б2) на obs^v и требование в1) на T^v гарантируют для произвольной конечной модели M (неважно, каким путем полученной и какой конечной сигнатуры) установление ответа на вопрос: опровергается h наблюдением M или h согласуется с этим наблюдением? В силу условия в2) факт опровержения (или согласия) теории (с) наблюдением не зависит от нашего произвола в наименовании объектов наблюдения при записи отчета $pr^v(M)$. А в силу в3) факт опровержения теории каким-либо наблюдением не может быть установлен заранее, до проведения всяких наблюдений. Кроме того, определение теории согласуется с «принципом фальсификации»: теория h может быть опровергнута одним единственным наблюдением (если T^v хоть на одном отчете pr^v принимает значение 0), но никогда не может быть доказана раз и навсегда.

Все это можно выразить и иначе: теория $h = \langle v, obs^v, T^v \rangle$ высказывается (предположительно) о том, что если мы будем наблюдать мир определенным образом O , а именно в соответствии с инструкцией obs^v , то никогда не получим наблюдений определенного типа \mathcal{M} , а именно тех, на отчетах которых тестовый алгоритм T^v принимает значение 0.

Поскольку эмпирическая теория рассматривается в качестве способа предположительно высказываться о наблюдениях, то ее смысл, конечно, зависит от того, как именно понимаются при этом последние. Мы привели определение теории, приспособленное к первому из двух упомянутых уточнений понятия наблюдения. Иногда используется определение теории, приспособленное к пониманию наблюдений в соответствии со вторым из этих уточнений [2, с. 3—35, 8, с. 417—430]. Опуская подробности, заметим

⁴ Мы предполагаем, что любая конечная модель любой конечной сигнатуры рассматривается как результат какого-то наблюдения, понимаемого, если нужно, очень широко.

только, что любую теорию, подпадающую под определение, согласованное с первым уточнением понятия наблюдения, можно рассматривать как теорию, подпадающую под определение, согласованное со вторым уточнением. Обратный переход, вообще говоря, невозможен. Разумеется, все это связано с тем, что второе из упомянутых пониманий наблюдения шире, чем первое.

Представление теории в виде тройки $\langle v, obs^v, T^v \rangle$ будем называть *каноническим*.

1.3. Каноническое представление является, как мы уже говорили, одним из многих возможных. В литературе, например, широко распространен так называемый аксиоматический подход к описанию эмпирических теорий. Поучительно было бы проанализировать сравнительные характеристики аксиоматического и канонического способов представления научных теорий, но в данной статье мы ограничимся здесь изложением только общего вывода, вытекающего из подобного анализа [1, с. 15—25; 4, гл. 1, § 3, 4]: каноническое представление оказывается сравнительно более удобным в том отношении, что здесь не возникает сложностей, связанных с наличием теоретических терминов, что делает естественным использование этого представления теорий при исследовании вопросов, относящихся непосредственно к эмпирическому содержанию эмпирических теорий.

Именно такого рода вопросом является проблема логик открытия, к рассмотрению которой мы переходим.

2.0. Как мы уже говорили, логика открытия есть функция f , сопоставляющая каждой тройке $\langle h_0, pr_0, A_0 \rangle$ (из подходящего класса) некоторую теорию h_1 . Эта функция должна при этом удовлетворять определенным ограничениям, вытекающим из нашего намерения гарантировать рассматриваемой логике открытия некоторые желательные черты или гарантировать отсутствие у него некоторых нежелательных свойств. Иными словами, наша первоочередная задача — сформулировать такие ограничения на f , чтобы попытка отрицать любое из них немедленно приводила бы к дискредитации всей проблематики, делая ее заведомо не стоящей внимания.

2.1. Назовем пару $\langle T^v, pr^v \rangle$ *допустимой*, если, и только если T^v есть тестовый алгоритм, а pr^v есть некоторый отчет, такой, что $T^v(pr^v) = 1$.

Пусть π — класс всех возможных допустимых пар, и пусть τ — класс всех возможных тестовых алгоритмов. Пусть $|M|$ — носитель модели M .

Прежде всего мы хотим, чтобы каждое отдельное применение искомой логики открытия f основывалось бы только на (и давало бы результат, относящийся к) той информации, которую мы считаем имеющейся налицо всякий раз, когда проведено некоторое наблюдение M_0 и принято предположение (в виде исходной эмпирической теории h_0) о том, каковы вообще те средства и методы наблюдения, которые были использованы при получении M_0 . Более того, мы хотим, чтобы всякое такое применение нашей логи-

ки открытия могло быть автоматическим. Для этого оно заведомо должно быть однозначно определенным без каких бы то ни было ссылок на ту часть исходной информации, которая определяется исключительно нашим пониманием (семантикой) этой информации, а не ее записью (синтаксисом).

В точных терминах этим желаниям соответствует следующее требование R1 на f .

R1: для произвольных $h_0 = \langle v, obs^v, T_0^v \rangle$, pr_0^v, A_0 , если $T_0^v(pr_0^v) = 1$, и если $pr_0^v = D^{v, \alpha}(M_0)$, где M_0 — наблюдение, полученное в соответствии с obs^v и такое, что $|M_0| = A_0$, то

$$f(h_0, pr_0^v, A_0) = \langle v, obs^v, ind_f(T_0^v, pr_0^v) \rangle, \quad (1)$$

где ind_f есть некоторое однозначное отображение из π в τ , определенное (независимо от v, obs^v и A_0) на всем классе π так, что если $ind_f(T_0^v, pr_0^v) = T_1^v$, то $v_1 = v$.

Далее, мы хотим, чтобы результат любого применения логики открытия не противоречил исходным данным, на которых всякое такое применение основывается, т. е. мы считаем, что функция ind_f должна удовлетворять условию R2.

R2: для произвольных $\langle T_0^v, pr_0^v \rangle \in \pi$, $T_1^v \in \tau$, если $ind_f(T_0^v, pr_0^v) = T_1^v$, то $T_1^v(pr_0^v) = 1$.

Следующее требование, R3, выражает нетривиальность предполагаемой логики открытия, понимаемую в том смысле, что среди индивидуальных актов применения этой логики должен иметься, по крайней мере, один такой, который не является простым воспроизводством исходной информации, а осуществляет новые добавления к ней. В точных терминах рассматриваемое требование означает, что ind_f должна удовлетворять следующим условиям R3(a), R3(б).

R3(a): для произвольных $\langle T_0^v, pr_0^v \rangle \in \pi$, $T_1^v \in \tau$, pr^v , если $ind_f(T_0^v, pr_0^v) = T_1^v$, и $T_0^v(pr^v) = 0$, то $T_1^v(pr^v) = 0$.

R3(б): существуют такая пара $\langle T_0^v, pr_0^v \rangle \in \pi$ и такой отчет pr^v , что для каждого $T_1^v \in \tau$, если $ind_f(T_0^v, pr_0^v) = T_1^v$, то $T_0^v(pr^v) = 1$, а $T_1^v(pr^v) = 0$.

Перейдем к изложению еще одного ограничения на ind_f .

Введем некоторые соглашения.

Пусть v и w — произвольные конечные сигнатуры и пусть F_v^w — алгоритм, такой, что

а) F_v^w применим к каждому отчету pr^v в словаре v ;

б) значения F_v^w на отчетах pr^v суть отчеты pr^w в словаре w ;

в) для всех pr^v , $B(pr^v) = B(F_v^w(pr^v))$;

г) для всех pr_1^v, pr_2^v , если $pr_1^v \simeq pr_2^v$, то $F_v^w(pr_1^v) \simeq F_v^w(pr_2^v)$;

д) для всех pr_1^v, pr_2^v , если $pr_1^v \not\simeq pr_2^v$, то $F_v^w(pr_1^v) \not\simeq F_v^w(pr_2^v)$ ⁵.

⁵ « $x \not\simeq y$ » — сокращение для « x, y не изоморфны».

Если некоторый алгоритм F_v^w удовлетворяет требованиям а) — д) для некоторых v и w , то мы будем иногда писать $F_v^w \in \omega$. Класс ω , очевидно, не пуст.

Пусть $h = \langle v, obs^v, T^v \rangle$, $F_v^w \in \omega$. Будем писать $obs^w = F_v^w obs^v$, если, и только если obs^w есть инструкция, удовлетворяющая условию: произвольная конечная модель M является наблюдением, полученным в соответствии с obs^w , тогда, и только тогда, когда 1) M имеет сигнатуру w ; 2) существуют: конечная модель M' сигнатуры v ; отчет pr^v в словаре v ; отчет pr^v в словаре w , — такие, что $|M'| = |M|$, $pr^v = D^{v, \alpha}(M')$, $pr^w = D^{w, \alpha}(M)$, $pr^w = F_v^w(pr^v)$. M' получена в соответствии с инструкцией obs^v .

Какова бы ни была инструкция obs^v и каков бы ни был алгоритм $F_v^w \in \omega$, для них всегда существует инструкция $F_v^w obs^v$, так как в качестве последней всегда можно рассматривать, например, указание, гласящее: «Считайте, что произвольная конечная модель M есть наблюдение, полученное в соответствии с $F_v^w obs^v$, если, и только если 1) M имеет сигнатуру w ; 2) существуют: конечная модель M' сигнатуры v ; отчет pr^w в словаре w ; отчет pr^v в словаре v , такие, что M' есть наблюдение, полученное в соответствии с obs^v , $|M'| = |M|$, $pr^w = D^{w, \alpha}(M)$, $pr^v = D^{v, \alpha}(M')$, $pr^w = F_v^w(pr^v)$ ».

Обозначим, далее, через $F_v^w T^v$ алгоритм, определенный на каждом отчете pr^w в словаре w , и такой, что для каждого pr^w выполняется условие:

$$F_v^w T^v(pr^w) = \begin{cases} 1, & \text{если существует отчет } pr^v \text{ в словаре} \\ v & \text{такой, что } pr^w \simeq F_v^w(pr^v), \text{ и } T^v(pr^v) = 1; \\ 0, & \text{если } T^v(pr^v) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Легко видеть, что так определенный алгоритм $F_v^w T^v$ является тестовым для любого тестового алгоритма T^v и любого алгоритма $F_v^w \in \omega$.

Будем говорить, что теория $h_2 = \langle w, obs^w, T^w \rangle$ есть *нетворческая* F_v^w -*модификация* (для данного $F_v^w \in \omega$) теории $h_1 = \langle v, obs^v, T^v \rangle$ (символически $h_2 = F_v^w h_1$, если, и только если $obs^w = F_v^w obs^v$, $T^w = F_v^w T^v$).

Очевидно, для любых h_1 и $F_v^w \in \omega$ существует h_2 , такая, что $h_2 = F_v^w h_1$. Кроме того, естественно, что для любых h_1, h_2 , $F_v^w \in \omega$, если $h_2 = F_v^w h_1$, и мы знаем об этом, то мы принимаем или не принимаем h_1 и h_2 одновременно. В этом случае теории h_1 и h_2 различаются для нас только формами их записей, а не существом своей связи с действительностью.

Допустим, что для рассматриваемого метода индукции f существуют такая допустимая пара $\langle T_0^v, pr_0^v \rangle$ и такой алгоритм $F_v^w \in \omega$, что

$$*F_v^w \text{ind}_f(T_0^v, pr_0^v) \neq \text{ind}_f(*F_v^w T_0^v, *F_v^w(pr_0^v)). \quad (3)$$

Что означает это неравенство? Мы заранее не знаем, но, во всяком случае, не исключено, что в каком-либо исследовании мы будем иметь тройку $\langle \langle v, obs^v, T_0^v \rangle, pr_0^v, A_0 \rangle$ в качестве исходной информации для применения логики открытия f . В соответствии с R1, результатом такого применения будет теория h_1 , такая, что

$$h_1 = f(\langle v, obs^v, T_0^v \rangle, pr_0^v A_0) = \langle v, obs^v, \text{ind}_f(T_0^v, pr_0^v) \rangle. \quad (4)$$

Принимая тройку $\langle \langle v, obs^v, T_0^v \rangle, pr_0^v, A_0 \rangle$ как подходящую исходную информацию для применения логики открытия f , мы имеем право в силу предшествующих определений и R1 принимать тройку $\langle \langle w, *F_v^w obs^v, *F_v^w T_0^v \rangle, *F_v^w(pr_0^v), A_0 \rangle$ тоже как подходящую исходную информацию для применения f . В качестве результата этого последнего применения мы будем иметь теорию h_1' , такую, что

$$h_1' = \langle w, *F_v^w obs^v, \text{ind}_f(*F_v^w T_0^v, *F_v^w(pr_0^v)) \rangle. \quad (5)$$

Рассмотрим нетворческую $*F_v^w$ — модификацию теории h_1 , т. е. теорию h_1'' :

$$h_1'' = \langle w, *F_v^w obs^v, *F_v^w \text{ind}_f(T_0^v, pr_0^v) \rangle. \quad (6)$$

Так как $h_1'' = *F_v^w h_1$, то теории h_1 и h_1'' приемлемы (или неприемлемы) одновременно. С другой стороны, теории h_1 и h_1' также приемлемы (или неприемлемы) одновременно, ибо они суть результаты применений логики открытия f к одновременно приемлемым (или неприемлемым) исходным данным:

$$\langle \langle v, obs^v, T_0^v \rangle, pr_0^v, A_0 \rangle$$

и

$$\langle \langle w, *F_v^w obs^v, *F_v^w T_0^v \rangle, *F_v^w(pr_0^v), A_0 \rangle.$$

Таким образом, h_1 и h_1'' приемлемы (неприемлемы) одновременно.

Но эта ситуация чревата противоречиями, если имеет место неравенство (3). Действительно, в этом случае существует, очевидно, такой отчет pr_1^w в словаре w , что

$$T_1^w(pr_1^w) \neq T_2^w(pr_1^w), \quad (7)$$

где

$$T_1^w = \text{ind}_f(*F_v^w T_0^v, *F_v^w(pr_0^v)),$$

$$T_2^w = *F_v^w \text{ind}_f(T_0^v, pr_0^v).$$

Предположим, что

$$T_1^w(pr_1^w) = 0 \quad (7')$$

$$T_2^w(pr_1^w) = 1. \quad (7'')$$

Пусть n — мощность отчета pr_1^w : $n = B(pr_1^w)$. И пусть A — произвольное множество произвольных объектов, имеющее в качестве своей мощности число n . В силу наших соглашений и предположения (7'), принимая теорию h_1^w , мы, в частности, утверждаем, что *исключено*, что результаты наблюдения объектов из множества A в соответствии с инструкцией $*F_v^{w obs^v}$ могут быть описаны отчетом, изоморфным отчету pr_1^w . Но в силу тех же самых соглашений и предположения (7''), принимая теорию h_1'' , мы утверждаем, в частности, что *не исключено*, что те же самые результаты могут быть описаны отчетом, изоморфным отчету pr_1^w . Таким образом, противоречие налицо.

Аналогичным путем мы снова получим противоречие, если мы предположим, что имеют место равенства $T_1^w(pr_1^w) = 1$ и $T_2^w(pr_1^w) = 0$ вместо соответственно (7') и (7'').

Следовательно, нет никакой гарантии против появления противоречивых результатов в процессе заранее не известных применений логики открытия f , если имеет место неравенство (7) и тем самым неравенство (3) ⁶.

Это означает, в свою очередь, что следующее требование, R4, является (как и остальные ограничения на f , т. е. R1, R2, R3) необходимым, для того чтобы искомая логика открытия не была заведомо неприемлемой.

Требование R4:

для произвольных $\langle T^v, pr^v \rangle \in \pi$, $F_v^w \in \omega$,

$$F_v^w ind_f(T^v, pr^v) = ind_f(F_v^w T^v, F_v^w(pr^v)).$$

Заметим, что R4 выражает *инвариантность* логики открытия относительно эффективных трансляций ее входных и выходных данных из одного языка в другой, эквивалентный первому по своим выразительным возможностям.

2.2. Итак, мы сформулировали четыре ограничения R1 ÷ R4 на функцию f , которым она необходимо должна удовлетворять, если эта функция интерпретируется как логика открытия, претендующая на то, чтобы не быть заведомо негодной в качестве упомянутого ранее приема делать открытия новых теорий, исходя из уже имеющих теорий и дополнительных наблюдений [3, с. 3—23]. Однако нет (или, во всяком случае, нет в настоящей работе) никаких оснований считать, что ограничения R1 ÷ R4 *достаточны* для того, чтобы любую логику открытия, удовлетворяющую им, *действительно* можно было бы оправдать в качестве безусловно полезного для рассматриваемой цели, приема.

⁶ Заметим, что эти рассуждения являются «углубленной» версией «парадокса Гудмана»; (см. [6, 8]).

Поэтому очень естественными были бы попытки пополнить список ограничений $R1 \div R4$ новыми, дополнительными требованиями, выражающими другие, чем $R1 \div R4$, аспекты нашего интереса к методам индукции. Но предварительно, чтобы не тратить сил впустую, мы уже сейчас должны убедиться, что класс функций f , удовлетворяющих $R1 \div R4$, по крайней мере не пуст. Так как в противном случае мы сразу же решили проблему логики открытия отрицательно и стоим перед дилеммой: либо согласиться с таким отрицательным решением (не существует ни одной логики открытия, какой мы ее хотим видеть), либо мы должны уменьшить наши претензии и ожидать от будущих логики открытия не всего того, что мы хотели прежде гарантировать требованиями $R1 \div R4$.

Назовем функции f , удовлетворяющие $R1 \div R4$, *регулярными* логиками открытия. Тогда наша ближайшая цель — исследовать класс регулярных логики открытия.

2.3. Рассмотрим логику открытия f^* , определяемую условием: для произвольных $h_0 = \langle v, obs^v, T_0^v \rangle$, pr_0^v , A_0 , если $T_0^v(pr_0^v) = 1$ и pr_0^v есть запись результатов наблюдения объектов множества A_0 в соответствии с obs^v , то $f^*(h_0, pr_0^v, A_0) = \langle v, obs^v, ind_f^*(T_0^v, pr_0^v) \rangle$, где для ind_f^* и любого отчета pr^v имеет место соотношение

$$ind_{f^*}(T_0^v, pr_0^v)(pr^v) = \begin{cases} 1, & \text{если } pr^v \simeq pr_0^v; \\ 0, & \text{если } pr^v \not\simeq pr_0^v. \end{cases} \quad (8)$$

Прямой проверкой легко показать, что f^* удовлетворяет требованиям $R1 \div R4$. Следовательно, класс регулярных логики открытия не пуст.

Пойдем далее.

Если T^v — тестовый алгоритм, то для любого $n \geq 1$ будем обозначать через $PR_n(T^v)$ подмножество тех, и только тех отчетов из множества $PR(T^v) = \{pr^v \mid T^v(pr^v) = 1\}$, мощности которых равны n : $PR_n(T^v) = \{pr^v \mid T^v(pr^v) = 1 \ \& \ B(pr^v) = n\}$. Кроме того, пусть $\{pr_0^v\}$ есть класс всех отчетов, изоморфных отчету pr_0^v : $\{pr_0^v\} = \{pr^v \mid pr^v \simeq pr_0^v\}$.

Имеет место следующая

Теорема. Для любой функции ind_f , удовлетворяющей ограничениям $R1 \div R4$, и для любой пары $\langle T_0^v, pr_0^v \rangle \in \pi$,

- 1) если $n = B(pr_0^v)$, то или $PR_n(ind_f(T_0^v, pr_0^v)) = \{pr_0^v\}$
или $PR_n(ind_f(T_0^v, pr_0^v)) = PR_n(T_0^v)$;
- 2) если $n \neq B(pr_0^v)$, то или $PR_n(ind(T_0^v, pr_0^v)) = \emptyset$
или $PR_n(ind(T_0^v, pr_0^v)) = PR_n(T_0^v)$.

2.4. Эта теорема показывает, что любая регулярная логика открытия устроена весьма просто. К сожалению, эта простота обобщается тем, что, как можно показать [4, с. 40—44], среди

⁷ Доказательство см. в [4, с. 39—40].

всего этого класса логик нет ни одной такой, с помощью которой мы могли бы за конечное число шагов «переоткрыть» некоторые из известных законов физики (закон рассматривается как простейшая теория). Вновь дилемма: либо мы должны отказаться от попыток объяснить факт открытия некоторых законов физики в рамках какой-либо логики открытия, либо мы должны допустить в качестве фактически приемлемых методов индукции какие-то нерегулярные (нарушающие условия регулярности $R1 \div R4$) логики открытия.

Не вызывает сомнения, что более интересными и обещающими являются поиски решения дилеммы в пользу второй, а не первой из ее альтернатив. Но эти поиски предполагают принципиальные сдвиги в нашем понимании, что есть (или чем должны быть) фактически допустимые методы открытия. В самом деле, поскольку ограничения $R1 \div R4$ выбирались так, что попытка отрицать любые из них дискредитирует рассматриваемую проблему, делая ее неинтересной в ее исходном смысле, то расширение класса допустимых логик открытия за счет присоединения к регулярным логикам каких-то нерегулярных означает в конечном счете изменение наших первоначальных интересов под влиянием нового знания, полученного вместе с выводом рассматриваемой теоремы.

Детальный анализ имеющихся здесь возможностей показывает, что разумно нарушить именно требование $R1$ и тем самым сразу же переключить интерес с поисков формальных логик открытия на поиски содержательных процедур открытия. Это связано с тем, что требование $R1$ является обязательным только в предположении, что нас интересуют именно автоматические методы получения новых теорий. Если же перестать видеть в проблеме логик открытия задачу поиска именно автоматических процедур, то при этом новом понимании самой проблемы нарушение требования $R1$ уже не связано с ее дискредитацией.

ЛИТЕРАТУРА

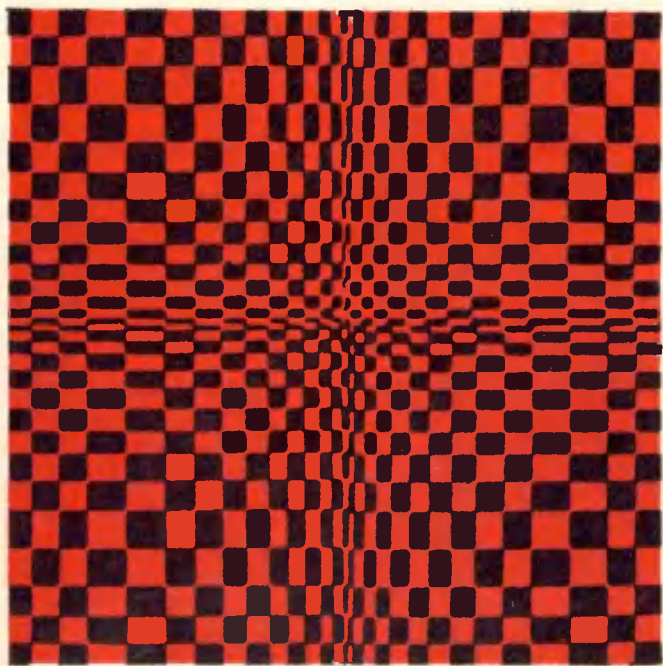
1. Вычислительные системы. Новосибирск, 1978. Вып. 76.
2. Вычислительные системы. Новосибирск, 1973. Вып. 55.
3. Вычислительные системы. Новосибирск, 1981. Вып. 86.
4. Загоруйко Н. Г., Самохвалов К. Ф., Свириденко Д. И. Логика эмпирических исследований. Новосибирск, 1978.
5. Мальцев А. И. Алгебраические системы. М., 1970.
6. Goodman N. Fact, fiction and forecast. Cambridge, 1955.
7. Goodman N. Comments on «The new riddle of induction» // J. Philos. 1966. Vol. 63.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Костюк В. Н. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ И ПРИНЯТИЕ ГИПОТЕЗЫ	9
Пятницын Б. Н., Демяна О. Н. ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА ИНТЕНСИОНАЛЬНОЙ?	23
Будбаева С. П. ПРАГМАТИЧЕСКАЯ ОРИЕНТАЦИЯ В ИНДУКТИВНОЙ ЛОГИКЕ	37
Светлов В. А. ИНДУКТИВНАЯ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КАК НАУЧНАЯ И ЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА	54
Мамчур Е. А. ОБ ОДНОЙ КОНЦЕПЦИИ ИНДУКТИВНОЙ ПРОСТОТЫ	75
Риске Г. РАЦИОНАЛЬНОСТЬ И ИНДУКТИВНАЯ ИНТУИЦИЯ	89
Горский Д. П. АНАЛОГИ ПРАВИЛА ЛОККА В ОПЫТНЫХ НАУКАХ	96
Лебедев С. А. ОСНОВНЫЕ ЛИНИИ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ	107
Пятницын Б. Н., Рудая С. П. ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА КАК АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ	121
Пятницын Б. Н., Вовк С. Н. ИНДУКЦИЯ И МНОГОФАКТОРНОЕ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ	144
Самохвалов К. Ф. О ЛОГИКАХ ОТКРЫТИЯ	173

2 руб.

ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА И формирование научного знания



«НАУКА»