

## Научный метод: базовые компоненты и современные особенности

Сачков Ю.В.

**Аннотация:** Выявляются базовые компоненты научного метода и закономерности его эволюции. Рассматриваются особенности научного метода на современном этапе развития естествознания. Среди них вероятностный стиль мышления, нелинейный характер законов, возрастающая компьютеризация познавательного процесса и увеличение роли вычислительных экспериментов, вызванное переходом к исследованию сложных самоорганизующихся систем.

**Ключевые слова:** научный метод, базовые модели, стили мышления, вероятностные закономерности, сложность, вычислительный эксперимент, нелинейность, компьютерная революция.

---

В своей основе наука есть действие, действие сугубо творческое, высокоспециализированное и направленное на выработку и систематизацию объективных знаний о мире, включающем и самого человека. И как каждый вид деятельности характеризуется прежде всего соответствующими методами, так и основу живой развивающейся науки образуют ее методы. Методы выражают систему принципов, правил и средств, на основе которых делается упорядоченной, целенаправленной, осмысленной и эффективной деятельность человека. Соответственно этому, методы исследования — это основное, что характеризует науку, придает ей единство и силу.

В наши дни необычайно широк диапазон научных изысканий: от структуры элементарных частиц до эволюции космологических образований, от молекулярных структур клетки до биогеоценозов, от первобытных сообществ до природы современного человека. Непрерывно нарождаются новые научные дисциплины. Научоведы насчитывают сегодня сотни важнейших направлений научных исследований, и практически каждому достаточно самостоятельному исследованию присуще своеобразие и в подходах, средствах и идеях. Вместе с тем, несмотря на кажущуюся калейдоскопичность объектов и способов их исследования, сохраняется целостный взгляд на научную деятельность, который исторически непрерывно воспроизводится и совершенствуется. Такое единство выражается в методе научной работы, в методе научных исследований. Рассматривая обобщенным образом историю развития научного познания, В. И. Вернадский указывал, что наиболее ценным результатом этого развития является выработка особого научного мировоззрения, в основе которого «лежит *метод* научной работы, известное определенное *отношение* человека к подлежащему научному изучению явления»<sup>1</sup>. И еще одно высказывание В.И.Вернадского: «... Научный метод проникает всю науку и является наиболее характерным ее проявлением, определяет все научное мировоззрение...»<sup>2</sup>.

Подобная оценка основного в науке практически общепризнана. «Научный метод, — отмечают А. Б. Мигдал и Е. В. Нетёсова, — единственное, что позволяет понять задачи науки... Лишь в начале XVII в. возник научный метод познания, и на нем, как на прочном фундаменте, основывается с тех пор наука. Научный метод — это тот компас, который

---

<sup>1</sup> Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. М., 1988. С. 52.

<sup>2</sup> Там же. С. 57.

позволит из тысячи путей выбрать единственную тропинку, ведущую к истине»<sup>3</sup>. И одно из недавних высказываний: «...Сущность науки, ее целостность и единство (ее дух), — пишет С. В. Илларионов, — определяется Научным Методом»<sup>4</sup>. Именно методы определяют уровень решения соответствующих исследовательских задач, возможности науки в дальнейшем развитии познания. Добавим еще, что обращение к научному методу позволяет не только выявить специфику научной деятельности, но и отличить таковую от подделок под науку, от простой веры в необычное и сверхъестественное, что, как иногда говорят, нынче стало модой и таким признаком утонченности. При рассмотрении подобных случаев всегда необходимо иметь в виду, что тех, кто серьезно выступает против телепатии, телекинеза, астрологии, НЛЮ и подобных чудес, интересуют прежде всего вопросы и судьбы критериев научного подхода к анализу действительности.

К анализу научного метода, раскрытию его содержания необходимо подходить исторически, с позиций общей концепции развития, что далеко не всегда учитывается. Метод не есть однажды данная «отмычка» к решению разнообразных исследовательских задач, он получает обогащение в процессе познания все новых и новых областей действительности. Отсюда вполне естественно предположить, что развитие научного метода началось с разработки его простейших форм, что сопряжено с исследованием вполне определенных областей действительности, достаточно простых. И здесь первостепенное внимание обращается на естествознание, на науки о природе.

Говоря о научном методе как определяющем стержне научных исследований, следует специально оговорить следующее. Науку зачастую определяют как упорядоченную и специализированную систему знаний. Конечно, знания неотъемлемы от науки, но научные знания представляют собою скорее продукт, результат развития науки. Вместе с тем это такой продукт научных исследований, который затем входит в структуру научного метода, цементируя и организуя его развитие. Добавим еще, что понятие научного метода нами используется в самом широком смысле, как некоторая целостная характеристика научного действия, его особенностей и направления. Реальные научные исследования включают громадное разнообразие конкретных методов. Практически каждое самостоятельное научное исследование отличается своеобразием своих методов. Однако каждое из них имеет нечто общее, что и позволяет относить их к рангу научных. Раскрытие и оценка этого общего и образует характеристику научного метода в целом.

Становление современной науки, становление научного метода в его современном понимании датируется с научной революции XVII-го века, ознаменовавшей становление естествознания. Можно сказать, что именно естествознание породило научный метод, выявило основные его компоненты, положило начало его дальнейшему развитию и обогащению. Сказанное можно пояснить и иным образом. Система знаний, система наук не хаотична, она носит достаточно упорядоченный характер, соответственно чему содержит существенную иерархическую компоненту, и в ее фундаменте лежит естествознание. Отсюда можно сказать, что именно естествознание лежит на острие разработки научного метода. Такое положение дел характерно и для современной науки, о чем свидетельствует, в частности, тот всплеск исследования процессов самоорганизации, который мы ныне наблюдаем и который обязан проникновению физико-математических методов в познание этих процессов. Основы современного научного метода весьма сложны

<sup>3</sup> Мигдал А. Б., Немцова Е. В. На пути к истине (О научном методе познания) // Кибернетика живого. Биология и информация. М., 1984. С. 74.

<sup>4</sup> Илларионов С. В. Научный метод как выражение духа науки // Проблема ценностного статуса науки на рубеже XXI века. СПб., 1999. С. 26.

и имеют богатую структуру, к раскрытию которой следует подходить в исторической перспективе.

## **1. Становление научного метода: базовые компоненты**

### **1.1. Интеллект и метод**

Научное исследование, хотя и включает многие действия рутинного характера, есть один из важнейших творческих процессов. Анализ природы научного метода вне оснований творческой деятельности просто немыслим. При изучении феномена творчества, как это представлено в соответствующей обширной литературе, первостепенное внимание обращается на процессы мышления, активность интеллекта. Соответственно, в структурном членении научного метода базовыми являются процессы мышления, деятельность интеллекта. Ум человека направленно организует все его действия, порождает инновации в мыслительной деятельности, включен в его наиболее сильные эмоциональные переживания, а потому весьма заманчива посылка: чтобы раскрыть существо научного метода, надо знать в подробностях этот ум, его функционирование. Но здесь следует сразу же сказать, что в изучении интеллекта мы находимся в самом начале пути. Деятельность интеллекта — процесс необычайно сложный, содержит неисчерпаемое множество аспектов. Его исследования ведутся по многим направлениям, происходит интенсивное накопление соответствующей исходной, первичной информации, но об особенностях и, тем более, механизмах умственной деятельности человека мы *мало* что знаем. Можно, наверное, отметить, что на вопросы функционирования интеллекта в настоящее время обращается внимание в исследованиях по искусственному интеллекту, одно из направлений которого ориентировано на анализ сопоставления нейрофизиологической деятельности человека и принципов организации и функционирования компьютеров. На этих путях, конечно, возможны существенные достижения в понимании особенностей функционирования человеческого интеллекта, однако вопросы изучения его внутренней деятельности в своей основе еще остаются открытыми.

В современной литературе, посвященной вопросам научного творчества, прежде всего отмечается, что творческая деятельность интеллекта всегда определенным образом ориентирована, целенаправлена. Умственный процесс, направленный на «созидание» нового в науке, имеет отправной точкой определенную проблему, которая и задает характер обработки, организации и систематизации относящегося к этой проблеме материала. При этом на начальной стадии поиск возможных решений проблемы опирается на штатные логические приемы. Однако такой кропотливый анализ вскоре приводит интеллект как бы к своеобразному истощению: все более и более становится ясным, что ранее принятые пути, приемы и средства не могут привести имеющийся материал к необходимой самосогласованности. В характере деятельности интеллекта происходят изменения, наступает новый этап. Исходная исследовательская задача как бы отодвигается на второй план. Она не решена, но сделанные усилия дали определенный импульс, привели мозг человека в некоторую напряженность.

При описании всех этих процессов довольно часто говорят, что в действие включилось подсознание. Результатом конструктивного развития таких процессов является догадка, озарение, инсайт. Соответствующий аспект в деятельности мышления, пожалуй, наиболее окутан покровом таинственности. Тем не менее неправомечно утверждать, что научное открытие происходит просто по наитию, путем своего рода откровения. Озарение есть результат предварительного исследования, а это означает, что оно, как и случай вообще,

идет навстречу подготовленному уму. Процесс мышления на данном этапе во многом носит интуитивный характер, а инсайт порождает творческий порыв, вдохновение в интеллектуальной деятельности человека.

И, наконец, начинается независимая проверка новых результатов на истинность, их обоснование, раскрытие их значимости и ценности для других областей деятельности. В процессах такого обоснования нового происходит логическая перекомпоновка и уплотнение порою весьма обширных областей знаний и в то же время формируются новые подходы и ориентации в дальнейшем движении науки.

В ходе анализа природы мышления, и это весьма существенно, происходит выделение таких его компонент, развитие которых в наибольшей степени выражает творческие способности интеллекта. В число этих компонент входят: острота наблюдения, направленность внимания, сила воображения, развитость интуиции, яркость инсайта, независимость суждений, умственная инициатива, способность удивляться. Конечно, деятельность интеллекта носит целостный характер, и выделение указанных компонент достаточно условно, но в то же время через их раскрытие лежит путь познания интеллекта. Так, острота наблюдения непосредственно выражается в дифференцированности ощущений. Люди различаются своими способностями и умением замечать незначительные различия в вещах, и в то же время возможность такой дифференцировки существенно зависит от умения целостно представить исследуемый процесс.

Анализ внутренних механизмов деятельности интеллекта в настоящее время возможен, прежде всего, на основе анализа его внешних проявлений, а таковые необычайно разнообразны и обуславливаются действием множества факторов. И хотя Я. Б. Зельдович однажды сказал, что «прозрение внутренних причин явлений по их внешним проявлениям может быть и есть самое важное, самое дорогое и увлекательное во всей науке»<sup>5</sup> до раскрытия природы творчества в таком ее понимании науке еще весьма и весьма далеко. Основные результаты рассматриваемого подхода к анализу творчества приводят к раскрытию предпосылок, условий и форм проявлений творческой деятельности человека. Последнее, конечно, не умаляет значимости данного подхода к рассматриваемой проблематике; его результаты имеют важнейшее значение в плане создания оптимальных условий для развития науки и творчества вообще. В целом указанный подход к анализу творческой деятельности в своем развитии подводит к проблемам психологии научного творчества. Здесь получены весьма важные результаты, многие из которых непосредственно касаются особенностей становления нового в процессах обучения и приобрели форму своеобразных афоризмов: учить новому не столь уж трудно, гораздо труднее переучивать; легче усвоить тысячу новых фактов в какой-нибудь области, чем новую точку зрения на немногие уже известные факты; не грубые заблуждения, а тонкие неверные теории — вот что тормозит раскрытие научной истины и т. д.

Говоря о деятельности интеллекта как базовой в структуре научного метода, необходимо сделать некоторые замечания. Прежде всего, действующий интеллект представляет своеобразную открытую систему: его деятельность возможна, поскольку интеллект питается все новым и новым материалом, поступающим извне, через органы чувств. Другими словами, деятельность интеллекта возможна и плодотворна, если чисто теоретический анализ дополняется опытом, чувственно воспринимаемой деятельностью.

---

<sup>5</sup> Зельдович Я. Б. Классификация элементарных частиц и кварки «в изложении для пешеходов» // УфН. 1965. Т. 86. Вып. 2. С. 313.

Каждый из этих аспектов имеет собственную значимость и они не сводимы один к другому.

Далее, при анализе научного метода существенное значение всегда придавалось и придается логике, ее методам. Логика обычно определяют как науку об общезначимых формах и средствах мысли, которые характеризуют рациональное познание в любой области знаний. К таким общезначимым формам выражения знаний относят прежде всего понятия и их системы. Соответственно этому при анализе деятельности мышления, направленной на постижение истины, первостепенное внимание обращается на процессы оперирования понятиями и их системами, особо — на анализ дедуктивного и индуктивного аспектов процесса мышления. Дедукция характеризует внутреннюю структуру систем знания и тем самым выражает правила оперирования системами знаний (правила вывода). Искусство дедуктивного рассуждения, как отмечал Б. Рассел, представляет одно из удивительных и важнейших достижений древних греков в развитии абстрактной мысли и, соответственно, научного метода. Индукция направлена на расширение области знаний, на выработку новых понятий и представлений, на особенности их вхождения в системы знаний. Учет дедуктивных и индуктивных процессов мышления приводит к гипотетико-дедуктивному методу как способу организации знаний в процессах научных исследований. Во всяком случае, логический анализ форм и средств выражения мысли в деятельности интеллекта составляет важный компонент научного метода, ибо он направлен на совершенствование «техники мышления», на выработку строгой постановки и формулирования исследовательской задачи и на раскрытие возможных путей ее решения.

Следует также добавить, что научные исследования дисциплинируют деятельность мышления. Сюда входят строгость и систематизированность умозаключений, независимость научных суждений от мнений авторитетов, формы выражения, функционирования и экстраполяции знаний, возможности ошибок и способы их устранения и многое другое. «Призвание к науке, — пишет Г. Башляр, — есть своего рода приглашение к активности мышления, приглашение к ускорению мышления. Оно неизбежно мобилизует нашу глубинную энергию»<sup>6</sup>. Среди разнообразных аспектов и «механизмов» деятельности мышления особое значение при рассмотрении научного метода приобретает выработка умения выделять главное, основное в массе рассматриваемых исходных данных и фактов, сопровождающих реальные исследования. Специально рассматривая вопросы о природе научного метода, А. Пуанкаре отмечал: ученые «полагают, что есть известная иерархия фактов и что между ними может быть сделан разумный выбор; и они правы, ибо иначе не было бы науки, а наука все-таки существует»<sup>7</sup>. И далее: «Метод — это, собственно, и есть выбор фактов»<sup>8</sup>. Рассматривая способы выбора фактов А. Пуанкаре первостепенное внимание уделяет развитию фундаментальных наук, где выбор фактов определяется особой гармонией, чувством гармонии мира, способностью продолжать мысль.

Итак, процессы мышления, деятельность интеллекта являются базовыми в характеристике научного метода. Ограничиваясь этим уровнем анализа, существо научного метода можно выразить словами Д. Пойа: «Если вам угодно иметь характеристику научного метода в трех словах, то, по-моему, вот она: *Догадывайтесь и испытывайте*»<sup>9</sup>. Тем не менее такой подход во многом не вскрывает специфику научного мышления.

<sup>6</sup> Башляр Г. Новый рационализм. М., 1987. С. 334

<sup>7</sup> Пуанкаре А. О науке. М., 1983. С. 289.

<sup>8</sup> Там же. С. 291.

<sup>9</sup> Пойа Д. Математическое открытие. М., 1970. С. 350.

Интеллект характерен не только для исследовательской деятельности, но и для любых видов человеческой деятельности. Последнее нацеливает на раскрытие таких компонент в структуре научного метода, которые в наибольшей степени выражают специфику научного подхода.

## 1.2. Эмпирическое и теоретическое начала познания

Уже в эпоху Возрождения, в ходе становления естествознания (опытной науки) было осознано, что научный метод включает и опытное (эмпирическое, экспериментальное) и теоретическое начала. В ходе дальнейшего развития науки обогащаются наши представления о содержании этих начал, раскрывается их несводимость и в то же время неотделимость одного от другого. Реальное научное познание опирается на оба эти начала, на их синтез. Активное взаимопроникновение опытного и теоретического начал в познании есть выражение того факта, что человек познает руками и головой, на основе синтеза материального действия и свободно развивающейся мысли.

Опытное начало представляет собою своеобразное чувственное анализирование действительности, основанное на материальных взаимодействиях, в которые включен и сам человек. Эмпирическое начало ведет свое происхождение с процессов простых наблюдений и восприятий. Наблюдения дают нам исходную информацию для формирования исследовательского процесса. Опыт поставляет первичные, базовые данные (факты), которые образуют фундамент науки. При рассмотрении эмпирического начала познания следует прежде всего обратить внимание на проблему восприятия. Восприятие есть предпосылка жизнедеятельности человека, выражает непосредственный контакт человека с окружающим его миром, регулирует отношение человека с этим миром. Восприятие характеризует активное отношение человека к данным наблюдения, представляет чувственно целостный образ фрагментов действительности, на которые так или иначе направлены внимание и деятельность человека. При восприятии чувственные данные как бы накладываются на предшествующий опыт человека. Они включают в себя систематизацию, упорядочение ощущений, непосредственных показаний органов чувств. Тем самым восприятие представляет единство чувственного и психического (умственного) аспектов анализировать действительности с выделением и осознанием в нем устойчивого ядра.

Восприятия представляют столь существенную характеристику познания, что Д. Бом соотносит их с раскрытием существа науки. «По моему мнению, — пишет Д. Бом, — наука есть преимущественно активно расширяющееся восприятие нового содержания и новых форм и только затем представляет собою средство получения того, что может быть названо надежным знанием... Сам акт восприятия создается и формируется с учетом коммуникации и общего знания о том, каковы были коммуникации в прошлом, благодаря тому и другому. Более того, вообще только в процессах коммуникации мы можем глубоко понимать, т. е. воспринимать целостный смысл того, что наблюдается. Нет оснований для какого-либо разобщения восприятия и коммуникации. Восприятие и коммуникация образуют единое целое, которое невозможно разложить на потенциально расчлененные элементы»<sup>10</sup>.

В процессе жизнедеятельности человек расширяет сферу своих восприятий, видоизменяется их характер и совершается «переход» от более общего и недифференцированного к более детальному и дифференцированному. Это обогащение восприятий связано с включением в акты познания специальных средств и приборов, что приводит к расширению области показаний органов чувств. Происходит усиление и

---

<sup>10</sup> *Bohm D. Science as Perception-Communication // The Structure of Science Theories. Urbana, 1974. P. 374.*

обострение процессов восприятия, становятся возможными косвенные, опосредованные восприятия процессов, которые непосредственно вообще не воспринимаются органами чувств (например, электромагнитные волны, микроорганизмы и мн. др.).

Становление естествознания (опытной науки) сопровождалось преобразованиями в эмпирическом начале познания — в структуру наблюдений, в структуру восприятий были включены процедуры измерения. Г. Галилею, одному из основоположников научного метода, приписывается программа развития опытной науки: «Измерить все, что измеримо, и сделать измеримым все, что таковым еще не является». В дальнейшем развитии науки измерения стали важнейшей составной частью ее метода. Д. И. Менделеев неоднократно подчеркивал, что наука начинается с тех пор, когда начинают измерять. Измерения позволили ввести в исследования математику, которая является основной формой выражения закономерностей природы. Тем самым измерения позволяют упорядочить и сделать одинаково понимаемой, достоверной исходную информацию об исследуемых процессах. Вне анализа роли и значения измерений в структуре познания практически неправомерно говорить о научной рациональности вообще.

Венчают эмпирическое начало познания конструирование, совершенствование и применение специальных исследовательских приборов и измерительной техники. Соответственно и говорят об эксперименте в его развитом виде. Применение приборов означает, что объект исследования ставится в строго контролируемые и управляемые условия, что позволяет выявлять его внутренние свойства и закономерности. Если при простом наблюдении исследователь к изучаемому явлению относится более или менее пассивно, то в эксперименте предполагается активное воздействие исследователя на изучаемый процесс, что предполагает изменение, регулирование и контролирование условий его протекания. «...Все эмпирическое познание в конечном счете основывается, — отмечал Р. Карнап, — на наблюдениях, но эти наблюдения могут быть получены двумя существенно отличными способами. В неэкспериментальных ситуациях мы играем пассивную роль. Мы просто смотрим на звезды или на некоторые цветы, замечаем сходства и различия и пытаемся обнаружить регулярности, которые могут быть выражены как законы. В экспериментальных исследованиях мы играем активную роль. Вместо того чтобы быть случайными зрителями, мы что-то *делаем* для получения лучших результатов, чем те, которые мы получаем путем простого наблюдения явлений природы. Вместо того чтобы ждать, когда природа обеспечит нам ситуацию для наблюдения, мы пытаемся создать такую ситуацию. Короче, мы делаем эксперименты»<sup>11</sup>. Эксперимент есть целенаправленное «манипулирование» с исследуемым объектом с помощью приборов, приборы же суть своеобразные «расширители», «удлинители», «обогащители» органов чувств человека. Другими словами, основное назначение эксперимента состоит в том, чтобы обеспечивать все более и более утонченное чувственное анализирование действительности. В развитии эмпирического начала познания ведущее значение принадлежит естествознанию. «С экспериментом связана, — отмечает В. И. Аршинов, — вся история развития науки нового времени, и в первую очередь история естествознания, которое по праву называют экспериментальным, подчеркивая этим его отличие от существовавших ранее в рамках систем античной и средневековой науки способов понимания природы. Осуществленный наукой нового времени переход от метода простого наблюдения явлений, ограниченного по своим возможностям и пригодного, главным образом, для сравнительного эмпирического изучения и классификации, к активному их исследованию посредством их воссоздания в

<sup>11</sup> Карнап Р. Философские основания физики. М., 1971. СС. 85 - 86.

контексте систематического и целенаправленного экспериментирования, стал важнейшей вехой на пути исторического развития человеческого познания»<sup>12</sup>.

Эмпирическое начало познания всегда сопряжено с его теоретическим началом. Последнее направлено на вскрытие связей в мире чувственных восприятий, на построение абстрактных моделей, характеризующих реальность. Тем самым теоретический анализ имеет своей целью описать и объяснить опытные данные. Теоретическое начало берет свое происхождение с простых словесных описаний (моделей) действительности, далее оно привело к разработке понятий и законов науки и в его структуру была включена математика (математические формы). В своем развитом виде теоретическое начало воплощается в разработке и применениях научных теорий как относительно целостных и замкнутых системах понятий и законов науки, опирающихся на представления об абстрактных (идеальных, символических) объектах, их системах и взаимосвязях. Становление науки привело к разработке теоретического мышления, мышления, обладающего самостоятельным действием и эффективностью. «Теоретическое знание и его развитие, — отмечает В. С. Степин, — является неотъемлемой характеристикой современной науки, которая постоянно расширяет горизонты познавательного и практического освоения мира человеком»<sup>13</sup>.

Научное, теоретическое познание характеризуется многими признаками. Были развиты язык, средства и формы выражения и фиксации деятельности мышления. Весьма существенно, что развитие теоретического начала познания, развитие теоретического мышления неотделимо от математики. Уже в период становления естествознания Г. Галилей утверждал, что тайны природы написаны на языке математики. И в наши дни также широко приняты утверждения, что математика — язык науки. Соответственно, развитие теоретического начала научного метода, как и экспериментального, также характеризуется выработкой мощных орудий исследования. «Теория, — пишет Л. де Бройль, — также должна иметь свои инструменты, для того чтобы получить возможность формулировать свои концепции в строгой форме и строго вывести из них предположения, которые можно было бы точно сравнить с результатами эксперимента; но эти инструменты являются, главным образом, инструментами интеллектуального порядка, математическими инструментами, если можно так сказать, которые теория постепенно получила благодаря развитию арифметики, геометрии и анализа и которые не перестают множиться и совершенствоваться»<sup>14</sup>.

Встает интересный и существенный вопрос — а что же обеспечивает математике инструментальный характер? В чем ее ценность как инструмента познания? Математика имеет и внутренние, и внешние основания. В современных определениях математики через «самое себя» отмечается, что она есть наука об абстрактных структурах, законах их функционирования и развития; наука об абстрактных объектах и взаимосвязях между ними; наука об абстрактных операциях (действиях) над объектами достаточно общей природы и т. п. Абстрактными объектами математики, образующими соответствующие структуры, являются числа, вектора, множества, группы и т. д. Связи между ними, определяющие виды действий и операций, выражаются такими понятиями, как сложение, умножение, объединение, преобразование, закон композиции и др. С помощью таких объектов и соответствующих действий и проводится теоретический анализ в развитых областях науки.

<sup>12</sup> *Аришинов В. И.* Синергетика как феномен постнеклассической науки. М., 1999. СС. 57 - 58.

<sup>13</sup> *Степин В. С.* Теоретическое знание. М., 2000. С. 17.

<sup>14</sup> *Бройль Л. де.* По тропам науки. М., 1962.. С. 163.

Анализ внешних оснований математики — другого аспекта определения ее предмета — базируется на раскрытии места и значения математики в системе наук. На материале развитых естественнонаучных теорий, среди которых ведущими являются физические, ясно видно, что математика является важнейшей формой выражения исследуемых закономерностей. На основе сказанного о предмете математики можно заключить, что наибольшая ее ценность в развитии познания состоит в том, что на языке ее абстрактных объектов выражается осто́в, каркас, внутренняя организация наших знаний о соответствующих процессах природы.

При рассмотрении взаимодействия математики с другими отраслями знаний необходимо иметь в виду исторический характер ее предмета. Последнее означает, что в процессе развития познания происходит смена тех математических дисциплин, которые наиболее сильно воздействуют на разработку научных проблем, встающих по мере развития познания. При этом весьма существенно, что математика может заготавливать новые формы «впрок». Пример математизации физики говорит не только о том, что определенным физическим теориям соответствует своя математика. Наиболее примечательно то, что соответствующие разделы математики в своих основных контурах зачастую возникали независимо и до самих этих теорий; более того, использование данных разделов математики явилось необходимым условием разработки новых направлений исследования. Математика зачастую предвосхищала развитие физики, и в истории физики не раз происходило удивительное совпадение математики с экспериментальной действительностью. Именно в этом предвосхищении проявляется вся сила инструментального характера математики. Такие исторические факты говорят о том, что, хотя понятия математики и являются образами и моделями материального мира, появление новых математических понятий и представлений далеко не сводится к их выведению из некоторой новой области экспериментальных данных науки. «Перед тем как началось революционное развитие современной физики, — пишет Н. Бурбаки, — было потрачено немало труда из-за желания во что бы то ни стало заставить математику рождаться из экспериментальных истин; но, с одной стороны, квантовая физика показала, что эта „макроскопическая“ интуиция действительности скрывает „микроскопические“ явления совсем другой природы, причем для их изучения требуются такие разделы математики, которые, наверное, не были изобретены с целью приложений к экспериментальным наукам, а с другой стороны, аксиоматический метод показал, что „истины“, из которых хотели сделать средоточие математики, являются лишь весьма частным аспектом общих концепций, которые отнюдь не ограничивают свое применение этим частным случаем. В конце концов, это интимное взаимопроникновение... представляется не более чем случайным контактом наук, связи между которыми являются гораздо более скрытыми, чем это казалось а priori»<sup>15</sup>. Несомненно, причины совпадения весьма глубоки, лежат в самой природе и структуре мира и способов его познания. Внутренняя логика развития математики обеспечивает ее опережающее развитие во многих направлениях, а реальное движение познания производит определенный отбор из предложенных форм и их дальнейшую разработку.

Экспериментальное и теоретическое начала входят в структуру научного метода, образуя его базовые составляющие. С прогрессом науки происходит непрерывное совершенствование этих важнейших его инструментариев. Ныне речь идет не о возможности или необходимости применения этих орудий познания — этот вопрос давно и положительно решен. В наши дни реальный и живейший интерес приобрели вопросы: Какую математику следует применять в познании новых, ранее неизвестных науке явлений? Что нового в конструировании приборов и измерительной техники? Какие принципиальные изменения

---

<sup>15</sup> Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963. С. 258.

происходят в развитии и применениях этих уже ставших незаменимыми орудий исследования?

Признание наличия экспериментального и теоретического начал в развитии научного метода влечет за собой вопрос об их взаимоотношении. Раскрытие природы научного метода и упирается в анализ этого вопроса. Без теоретических предпосылок, которые известным образом ориентируют саму его постановку и определяют формы фиксации его результатов, эксперимент практически невозможен. В свою очередь, без экспериментальных предпосылок, которые позволяют наполнить реальным смыслом и значимостью теоретические суждения, последние вырождаются в схоластические упражнения.

Реальная деятельность ученого всегда исходит из взаимодополнения и взаимобусловленности теории и эксперимента. «В мире профессиональных будней физики..., — отмечает В. Паули, — лишь в исключительных случаях появляется *готовая* теория и ее оправдание или опровержение, что так охотно предполагается в теоретико-познавательных исследованиях. В общем случае появляются эмпирические результаты, обработанные с помощью уже известных теорий, но выходящие за пределы объяснимого этими теориями... Тем самым будни физика выдвигают в физике на передний план аспект развития, становления... Я привел вас не к изолированным ощущениям как элементарным феноменам, с одной стороны, и не к сложным математическим символам — с другой, но и не к абсолютным окончательным метафизическим суждениям о бытии, претендующим на вечную истинность. Напротив, я вернул вас к физикам, к действительно живым людям, делающим о феноменах и действительности все эти удивительные высказывания, которые в своей совокупности называются физикой»<sup>16</sup>. Плодотворное взаимодействие экспериментального и теоретического начал познания предполагает как развитость ощущений (чувственного аспекта деятельности человека), так и утонченность его сугубо интеллектуальной деятельности.

### 1.3. Научная теория в структуре научного метода

Постепенное овладение началами научного метода в эпоху Возрождения привело в дальнейшем научное познание, и прежде всего — естествознание, к важнейшим достижениям — разработке первых научных теорий как относительно целостных концептуальных систем. Эти системы В. Гейзенберг в свое время назвал замкнутыми системами понятий<sup>17</sup>. Таковыми вначале явилась классическая механика Ньютона, а затем — классическая термодинамика, классическая электродинамика, теория относительности и квантовая механика.

Научные теории как замкнутые концептуальные системы, удовлетворяющие определенным логическим требованиям, со времен Ньютона и вплоть до наших дней стали основной формой выражения знаний, и прежде всего — в фундаментальных областях исследования. Следует отметить, что достаточно установившегося понимания этой важнейшей категории науки еще, пожалуй, не выработано. Знания всегда носят системный характер. Зачастую под научной теорией понимают вообще всю совокупность имеющихся теоретических представлений о некоторых исследуемых процессах, включая и сугубо гипотетические. При этом не обращается внимание на то, что между отдельными компонентами таких теоретических систем могут отсутствовать внутривидовые связи. Вместе с тем в настоящее время все шире признается, что собственно научные теории, научные теории в высоком смысле этих слов, представляют собою логически достаточно

<sup>16</sup> Паули В. Физические очерки. М., 1975. С. 30-31.

<sup>17</sup> Гейзенберг Б. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989. С. 52 и сл.

целостные и совершенные теоретические системы, характеризующиеся такими важнейшими признаками, как относительная замкнутость, полнота и непротиворечивость. Раскрытие существа этих характеристик научных теорий непосредственно связано с оценкой роли и значения начальных и граничных условий в процессах функционирования теории в научном познании. Если в теоретическом исследовании (на основе некоторой научной теории) задание начальных и граничных условий позволяет хотя бы в принципе решать соответствующие классы задач, без дополнительного обращения к опыту в ходе этого решения и без ломки сложившейся системы понятий, то мы имеем дело с относительно замкнутой и целостной научной теорией. В ее рамках основные утверждения об исследуемых объектах взаимосвязаны. Непротиворечивость теории означает, что на ее основе невозможно получить взаимоисключающие выводы. Из сказанного следует, что лишь в своем развитом состоянии теоретические системы становятся логически наиболее совершенными формами выражения знаний.

Разработка первых относительно целостных научных теорий в физико-математическом естествознании, формирование представлений об идеальной форме организации теоретических знаний суть результат настойчивого применения измерений, математики и кропотливого развития эксперимента. Эти важнейшие достижения научного познания оказали существенное обратное воздействие на сам научный метод. Реальные успехи науки содержательно обогатили ее инструментарий, ее средства и орудия действия — научный метод стал неотделим от научной теории, ее применения и развития. Если стройная теория есть высший итог развития познания тех или иных областей действительности, то истинно научный метод — это теория в действии. Квантовая механика есть не только отражение свойств и закономерностей физических процессов атомного масштаба, но и важнейший метод дальнейшего познания микропроцессов. Генетика — не только отражение свойств и закономерностей явлений наследственности и изменчивости в развитии живых систем, но и важнейший метод познания глубинных основ жизни.

Знания всегда характеризовались и характеризуются двумя аспектами. Прежде всего, они являются отражением (выражением, моделированием) свойств, структуры и закономерностей материального мира. Это определяет основное качество знаний — их истинность. Вместе с тем знания образуют важнейший компонент научного метода. Выраженные в форме понятий, законов, теорий науки и знаковых систем, они представляют основной инструментарий духовной, интеллектуальной вооруженности исследователя. «По существу своему, — писал И. В. Кузнецов, — научный метод есть не что иное, как подтвержденная опытом теория, обращенная на приобретение нового знания, заслужившая наше доверие теория, на которую возложена специфическая функция служить средством приумножения знания. Именно поэтому научный метод не есть какое-то искусственное, априорно конструируемое условие или предначертание, извне накладываемое на познавательную деятельность. Он представляет собой выражение основного содержания добытого знания, его принципиальных особенностей, закономерностей его собственного развития. Истинность метода есть, таким образом, истинность научной теории, лежащей в его основании, составляющей его душу, его суть»<sup>18</sup>.

Включенность теории в структуру научного метода приводит к тому, что метод становится все более адаптированным к материальной действительности, к изучению ее разнообразных фрагментов. Действенный метод должен быть максимально адекватен исследуемому объекту, что и обеспечивается включением научной теории в структуру

---

<sup>18</sup> Кузнецов И. Б. Преемственность, единство и минимизация знания — фундаментальные черты научного метода // Материалистическая диалектика и методы естественных наук. М., СС. 322 - 323.

научного метода. Именно опираясь на такие теоретические системы происходит синтез результатов, полученных посредством теории, измерения и эксперимента. Более того, само развитие математических форм и эксперимента начинает ориентироваться на те обобщающие идеи, которые порождаются в ходе применений научной теории. Научный поиск становится более целенаправленным, получает внутреннее содержательное единство. Динамизм научного метода начинает все более определяться динамизмом концептуальных систем.

Анализ включенности ранее добытого знания в процесс развития познания весьма интересен и сложен, ставит ряд важнейших для теории познания проблем. Сюда относятся проблемы экстраполяции действия известных законов науки на неизведанные области действительности, оснований и условий этой экстраполяции, истинности полученных таким путем выводов. Сюда же относятся вопросы анализа, оценки и выбора фактов как исходных данных науки.

Теоретическое начало, теоретическое знание выражено прежде всего в форме законов науки, которые и образуют ее основу. Природа же этих законов такова, что они выражают нечто общее, устойчивое, инвариантное в массе однородных процессов. Однако каждый реальный процесс имеет некоторые свои, индивидуальные, своеобразные характеристики, которые выделяют его из массы подобных и без знания которых не достигается необходимая полнота исследования. Как сказал П. Девис: «Физический закон оказался бы бесполезным, если бы был настолько жестким, что допускал единственный вариант поведения. Это был бы не истинный закон, а всего лишь описание мира. Все богатство и сложность явлений реального мира может основываться на простых законах, поскольку существует бесконечное множество начальных условий, создающих разнообразие»<sup>19</sup>.

При рассмотрении места и роли теории в реальном познании зачастую не подчеркивается, что знания одних законов науки далеко недостаточно для анализа любого конкретного процесса. Для заострения ситуации можно сказать, что знание одних только законов бессильно в решении реальных, конкретных исследовательских задач. Реальное познание систем и процессов всегда выступает как синтез общего и особенного (конкретного): если законы науки выражают общее, то конкретное (особенное) представлено начальными условиями. И это «деление» познавательного процесса на законы и начальные условия имеет принципиальное значение. Как блестяще сказал Е. Вигнер: «Мир очень сложен и человеческий разум явно не в состоянии полностью постичь его. Именно поэтому человек придумал искусственный прием — в сложной природе мира винить то, что принято называть случайным, — и таким образом смог выделить область, которую можно описать с помощью простых закономерностей. Сложности получили название начальных условий, а то, что абстрагировано от случайного, — законов природы. Каким бы искусственным ни казалось подобное разбиение структуры мира при самом беспристрастном подходе и даже вопреки тому, что возможность его осуществления имеет свои пределы, лежащая в основе такого разбиения абстракция принадлежит к числу наиболее плодотворных идей, выдвинутых человеческим разумом. Именно она позволила создать естественные науки»<sup>20</sup>.

Принципиальное значение разбиения структуры процесса познания на законы науки и начальные условия прямо соотносится с проблемой взаимодействия теоретического и эмпирического начал познания. Законы науки выражают теоретическое начало, а задание начальных условий всегда требует непосредственного обращения к опыту, эксперименту. Синтез же законов и начальных условий и означает, что познавательный процесс всегда

<sup>19</sup> Девис П. Суперсила. М., 1989. С. 61.

<sup>20</sup> Вигнер Э. Этюды о симметрии. М.: Едиториал УРСС, 2002. С. 9.

включает в себя и эмпирическое и теоретическое начала. Сводить познавательный процесс к «приложениям» одних законов, из чего нередко исходят, значит заранее обеднять его анализ.

## **2. Стиль научного мышления — жесткая детерминация**

### **2.1. Методы исследования и стиль научного мышления**

Основной формой выражения знаний является, повторим, развитая научная теория, удовлетворяющая определенным логическим требованиям — относительной замкнутости, полноты, непротиворечивости. Отсюда следует, что методы науки, пусть в своей отдаленной перспективе, должны преследовать цель построения, разработки таких научных теорий. Разработка современных теорий происходит, конечно, не на пустом месте, а опирается на весьма развитые эксперимент и теоретические построения. Анализ новых эмпирических данных и их теоретическая обработка обеспечивают разработку соответствующих теоретических систем. Элементами таких систем, выражающими новые эмпирические данные и теоретические положения, являются, прежде всего, понятия науки. Основное же в разработке теорий заключается в построении (раскрытии) их структуры, которая определяется особенностями состава понятий и характером взаимосвязей между ними.

Коль скоро признается, что научная теория фундаментального порядка выражает организующее начало в структуре научного метода, то естественно предположить, что дальнейшие судьбы научного метода прямо связаны с судьбами научной теории. Включенность определенной теории в процесс познания новых областей действительности ведет, в силу обратных связей, к обогащению и усложнению самой исходной теории, а в итоге — к разработке новых теорий как концептуальных систем. Только в условиях, когда теория выступает в роли научного метода, происходит ее развитие. Соответственно, в процессах применения научного метода происходит разработка все новых теоретических систем. Естественно, встает вопрос об их сравнительной оценке — оценке по их действенности, их внутренней структуре, по способам их разработки. При рассмотрении этих вопросов весьма существенно отметить, что в ходе развития науки не только создаются новые научные теории фундаментального порядка, но и изменяются сами представления о научной теории и ее структуре, весьма существенно, что эти изменения в представлениях о научных теориях обеспечивают дальнейший прогресс научных исследований, выражают изменения в научном методе. Основные исторические изменения наших знаний о целостных концептуальных системах заключаются в том, что были выработаны представления о видах научных теорий, и прежде всего — представления о жесткодетерминированных (ранее: динамических) и статистических теориях. Различия между этими классами теорий уже нельзя объяснить только за счет простого различия в свойствах отображаемых ими материальных процессов: они имеют более глубокую концептуальную природу. При этом выработка представлений о видах (типах, классах) научных теорий явились столь существенными, что стали говорить о различных стилях научного мышления. Соответственно, каждый стиль научного мышления характеризуется особенностями структуры научных теорий и ее построением.

Представления о стилях мышления обобщенным образом отражают реальные структуры материального мира. Соответственно этому можно сказать, что основу определенных стилей мышления составляют базовые (базисные) модели мира и его познания. Тем самым тот или иной стиль мышления отражает глубину нашего

проникновения в наиболее общие особенности строения материи и методы теоретического выражения последних. Изменения в базисных моделях характеризуют внутреннюю логику развития познания и соответствуют переходам к новым стилям мышления.

Базисная модель — это исходные, первичные представления о принципах строения и эволюции материи (ее фрагментов), непосредственно опирающиеся на задание простейших закономерностей. Последнее весьма важно — без задания простейших закономерностей, обычно выражаемых в форме математических уравнений, о базисных моделях просто говорить бесполезно. Эти закономерности выражают характер, тип внутренних взаимосвязей, описывающих ту или иную модель.

Базисные модели характеризуются как базисные именно потому, что они кладутся в основу анализа и решения обширного класса задач. На их базе строятся модели высших порядков, что является составной частью решения конкретных задач. В случае классической физики исходная базовая модель — это простейшие представления об атомистическом строении вещества плюс законы движения отдельного индивидуального макротела (механика материальной точки). На основе такой модели строились модели высших порядков, что обеспечивало решения все новых и новых исследовательских задач. Были созданы такие направления исследований, как механика систем частиц, механика твердого тела и механика сплошных сред. Дальнейшее развитие этих направлений привело к разработке классической электродинамики и статистической физики как важнейших фундаментальных теорий физики. Последние вначале использовали механические модели для своего анализа, но фактически уже «требовали» и соотносились с новыми базисными моделями.

Наличие базисных моделей, которые обладают громадной эвристической силой в познании конкретных систем и процессов и которые соотносятся с представлениями о стилях мышления, отмечалось многими исследователями. Так, рассматривая базисные модели, свойственные практически всей физике до середины XX-го века (линейным теориям), С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов пишут: «В этой *линейной теории* были выделены свои базовые модели. Это *уравнение теплопроводности*, описывающее распространение тепла, *волновое уравнение*, моделирующее колебания струны, и *уравнение Лапласа*, которое определяет потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов. Эти три уравнения являются моделями поразительного множества разных явлений и составляют основу математического аппарата классической и многих разделов современной физики. Именно поэтому *математической физикой* еще не так давно называли науку, изучающую эти три уравнения и их обобщения»<sup>21</sup>.

Базовые модели и соответствующие им основания стилей мышления имеют и иные конструктивные образы и символы. Олицетворять человеческое познание могут не только великие, эпохальные открытия в его развитии, но и важнейшие творения человека — создаваемые на базе знаний материальные и духовные ценности. «Каждый великий период в истории естествознания, — пишут И. Пригожин и И. Стенгерс, — приводит к своей модели природы. Для классической науки такой моделью были часы, для XIX в. — периода промышленной революции — паровой двигатель. Что станет символом для нас? Наш идеал, по-видимому, наиболее полно выражает скульптура — от искусства Древней Индии или Центральной Америки доколумбовской эпохи до современного искусства. В некоторых наиболее совершенных образцах скульптуры, например в фигуре пляшущего Шивы или в миниатюрных моделях храмов Герреро, отчетливо ощущим поиск трудноуловимого перехода от покоя к движению, от времени остановившегося к времени текущему. Мы

---

<sup>21</sup> Курдюмов С.П., Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Синергетика — новые возможности. М., 1989. С. 4.

убеждены в том, что именно эта конфронтация определяет неповторимое своеобразие нашего времени»<sup>22</sup>.

Стиль мышления выражает основные, исходные особенности познания на том или ином этапе его развития, а потому его знание позволяет «схватить» особенности постановки и анализа рассматриваемых исследовательских задач. Соответственно, изменения в стиле мышления ведут к изменениям в исходных представлениях о том, что значит понять и объяснить в науке. Знание стилей мышления обладает определенной эвристической ценностью. «Будучи знакомым со стилем своего времени, — отмечал М. Борн, — можно сделать некоторые осторожные предсказания. По крайней мере, можно отвергнуть идеи, чуждые стилю нашего времени»<sup>23</sup>.

Представления о стилях научного мышления выражают такой срез в научном методе, когда характеризуются принципы построения научных теорий, закономерности взаимосвязей между отдельными компонентами (прежде всего — понятиями) этих систем, когда анализируется внутренняя логика научных теорий. Представления о стилях мышления сопряжены с представлениями о научной парадигме, картине мира и базовых моделях мира и познания. Будучи включенными в деятельность интеллекта все эти представления содействуют как организации научного поиска, так и синтезу, гармонизации добываемого знания.

## 2. 2. Тотальная однозначность взаимосвязей

Если на основе научной теории упорядочивается исходный материал, характеризующий определенную область научного познания, то представления о стилях мышления служат делу построения самих теорий. Исторически первый стиль научного мышления выработался в ходе разработки классической механики, на базе анализа оснований и обобщения которой сложилась всеохватывающая научная система мироздания. Становление механики ознаменовало собою становление основ научного метода в его современном понимании, становление естествознания как основополагающего компонента науки вообще. Разработка механики оказала мощное воздействие на все последующее развитие естествознания. На протяжении почти трех столетий ее основополагающие идеи воздействовали на развитие по крайней мере всех наук о неживой природе, а в ходе ее «отрицания» были разработаны основы, как ныне говорят, неклассической науки.

Формулировкой Ньютоном основных законов механики завершился первоначальный (и чрезвычайно длительный) этап развития науки. Этот этап с его достаточно расплывчатыми, во многом неопределенными и разрозненными представлениями можно назвать описательным. На смену ему пришел этап аналитический, подчеркнувший прежде всего решающее значение математики для выражения фундаментальных закономерностей природы. На основе законов Ньютона было познано чрезвычайно много из строения мироздания. Были объяснены движения планет и их спутников, орбиты комет, приливы... Со времени классической механики математика вообще становится основной формой выражения фундаментальных закономерностей природы и судьбы теоретического естествознания оказались связанными с судьбами математики.

Разработка классической механики оказала огромное воздействие на научное мировоззрение, на разработку представлений о структурной организации материи и природе познания. Согласно этой картине мира предполагалось, что поведение и взаимодействия всех объектов Вселенной в своей основе подчиняются законам, характерным для классической механики. Это мировоззрение обосновывало механику, освещало пути

<sup>22</sup> Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Эдиториал УРСС, 2001. С. 31.

<sup>23</sup> Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., 1963. С. 228.

ее дальнейшего развития и экспансии в новые области исследования. Грандиозные успехи классического естествознания, и прежде всего — классической физики, явились также триумфом механистического мировоззрения, что в дальнейшем привело к его абсолютизации. Лагранж называл Ньютона не только величайшим, но и самым счастливым гением: «Систему мира можно установить только один раз»<sup>24</sup>.

Классическая физика, в качестве исходного и объединяющего начала которой рассматривается классическая механика, послужила основой определенного стиля мышления. Этот стиль мышления определяется логической структурой ряда теорий, начиная от механики Ньютона и кончая классической электродинамикой Максвелла. Сюда же фактически примыкает и теория относительности в физике, хотя она существенно видоизменила физические воззрения. Единство внутренней структуры названных теорий выражается в том, что отображаемые в них закономерности относятся к одному и тому же классу (виду, типу). Данный класс закономерностей вначале получил название динамических закономерностей, однако в настоящее время такое название нельзя признать адекватным: динамика не ограничена рамками классической физики. В наше время предпочитают говорить — и это точнее — о простейших динамических закономерностях или же о закономерностях жесткой детерминации. Закономерности, которые определяют поведение и взаимодействия элементарных единиц материи, практически определяют собою «систему мира».

Поскольку классическое естествознание придавало решающее значение закономерностям жесткой детерминации, а о других классах закономерностей фактически не имело представлений, то специфические черты этих закономерностей рассматривались как всеобщие, как определяющие устройство мира. Становление статистической физики, а затем — и квантовой физики вскрыли ограниченность общих представлений о закономерностях, основанных на механике Ньютона. Необходимо заметить, что в философском отношении критика этих представлений имела место и раньше, но постклассическая (неклассическая) физика XX-го века основывала эту критику на языке математики, на базе разработки и осмысления новых теорий. Высший тип критики опирается не на простое отрицание или сомнение: он означает разработку нечто более совершенного взамен отрицаемого, хотя пути разработки этого лучшего лежат через сомнения.

В настоящее время общепризнано, что представления о закономерностях, которые олицетворяет классическая механика, не только не выражают всю истину о закономерностях, но, напротив, характеризуют лишь простейший их класс. Систему мира можно и необходимо пересматривать. Этому учит нас история науки, особенно — история науки XX столетия.

Классические воззрения весьма обширны, они представляют собою развитую систему взглядов на устройство, эволюцию и познание мира. Именно систему, что далеко не всегда учитывается. В основе этих воззрений лежат представления об устройстве мира, которые выработались под прямым воздействием механики и ее успехов в познании разнообразных явлений. Предполагается, что мир состоит из отдельных сущностей (тел, атомов...), законы взаимодействия между которыми подобны законам механики. Соответственно этому при рассмотрении существа классических воззрений в качестве основной, а порою и единственной, черты обычно рассматривается строго однозначный характер всех без исключения связей и зависимостей, отображаемых в рамках соответствующих представлений и теорий. Если анализируются параметры некоторого отдельного объекта или системы, то все связи между ними могут иметь лишь строгое, взаимно однозначное соответствие. Если речь идет о количественных изменениях значений параметров, то эти

<sup>24</sup> Цит. по: *Вавилов С. И.* Собр. соч. Т. 3. М., 1956. СС. 461, 715.

изменения могут происходить также лишь строго однозначным образом. Если исследуется поведение некоторого объекта — как входящего в какую-нибудь систему, так и вне таковой, то оно определяется единственным образом во всех своих деталях. В негативной формулировке сказанное означает: там, где нет строгой однозначности в связях, нельзя говорить о соответствующих закономерностях. Более того, с точки зрения рассматриваемого класса закономерностей, в тех случаях, когда имеет место какая-либо неоднозначность или неопределенность в связях, нельзя вообще говорить об истинной закономерности: в этих случаях мы имеем дело лишь с неполным выражением наших знаний об исследуемых объектах, лишь с подходом к истине, но еще не владеем самой истиной.

Поскольку представления о простых динамических закономерностях выработались главным образом на основе развития классической механики и именно на эту теорию они прежде всего и опираются, необходимо кратко вспомнить ее идеи. Основная задача классической механики состоит в нахождении траектории движения макротела. Эта траектория определяется на основе законов (уравнений) механики, исходя из знания некоторого исходного (начального) состояния данного тела и сил, действующих на него в исследуемый промежуток времени. Другими словами, законы Ньютона выражают структуру связей между состояниями макротел при их механическом движении: если задано некоторое исходное состояние тела и действующие на него силы, то они позволяют определить любое иное его состояние, т. е. траекторию движения. При этом весьма существенно, что траектория движения макротела в механике определяется единственным образом: каждое возможное состояние макротела характеризуется строго определенными численными значениями всех его параметров. Если же траектория движения макротела не определена однозначно или значения некоторых параметров строго не определены (неопределенны), то, оставаясь на позициях самой классической механики, следует сказать что мы еще не имеем решения задачи, или что задача поставлена некорректно, или что анализ ситуации выходит за рамки механики.

Логическое построение последующих теорий классической физики по существу аналогично схеме классической механики. Рассмотрим классическую электродинамику. Пример этой теории интересен потому, что, если механика Ньютона выражает взгляд классической физики на корпускулярный аспект строения материи, то электродинамика отображает подход классического естествознания к проблеме строения материи со стороны ее чистой непрерывности. Добавим также, что электродинамика практически венчает здание классической физики.

Классическая электродинамика является физической теорией электромагнитного поля, в ней выражены закономерности электромагнитных явлений. Важнейшей задачей электродинамики является определение основных характеристик электромагнитного поля — электрической и магнитной напряженностей — в вакууме и в макроскопических телах в зависимости от распределения в пространстве электрических зарядов и токов. Решается эта задача на основе уравнений Максвелла и решается однозначно.

Итак, класс простых динамических закономерностей характеризуется однозначными значениями всех своих связей. Если положить такие представления в основу философских идей о закономерностях природы и ограничиться ими, то с неизбежностью будем утверждать, что задача научного исследования состоит в раскрытии (установлении) однозначных связей между всеми параметрами (свойствами) изучаемых объектов и систем, и что только такие связи следует оценивать как связи, выражающие истинную закономерность. Соответствующая философская концепция получила название лапласовского или классического детерминизма. Часто приводимое высказывание Лапласа, которое рассматривается как наиболее четкая формулировка концепции классического (лапласовского) детерминизма, было дано при попытках перенести логическую схему закономерностей классической механики на всю природу, понимаемую

как систему тел. «Ум, — отмечал Лаплас, — которому были бы известны Для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями легчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверным, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором»<sup>25</sup>.

Согласно взглядам классического детерминизма, связями, могущими выражать истинные закономерности в системах, считаются лишь те, которые единственным образом определяют поведение каждого из объектов системы. Поведение любого объекта в системе определяется поведением всех остальных объектов и притом — взаимно однозначным образом. Все сказанное о классических воззрениях характеризуется обобщенным образом как классический, жестко детерминированный стиль научного мышления.

Классический стиль мышления, в основе которого лежат представления о жесткой детерминации, обеспечил прогресс практически всей классической науки. Однако такая организация мышления оказалась несостоятельной при соприкосновении с более сложными явлениями, и прежде всего — при анализе биологических и социальных систем. Чтобы яснее осознать, что такое жестко детерминированная структура, произведем мысленный эксперимент — представим себе некоторый коллектив индивидов, действующий по принципам жесткой детерминации. Жесткая детерминация означает, что любая уловимая деталь поведения, начиная от героических актов самопожертвования и кончая шевелением мизинца, каждого из индивидов единственным образом взаимосвязана с деталями поведения всех других индивидов, единственным образом обусловлена структурой системы. Если в этом коллективе одного из индивидов наделить инициативой, то легко заметить, что функционирование такой системы станет возможным лишь за счет лишения инициативы всех других, ибо при наличии инициативы уже у двух индивидов функционирование системы будет парализовано, поскольку инициатива предполагает определенные самостоятельные решения и действия. Она означает, что взаимоотношения между индивидами могут быть достаточно разнообразными и содержать элемент неопределенности. Жестко детерминированные структуры исключают возможность таких стратегий.

Схема жесткой детерминации исключает какую-либо автономность, самостоятельность действий элементов в рамках системы. В этом состоит ее сила и ее слабость: она обеспечила прогресс классической физики и выросшей на ее основе техники, но не пригодна для отображения структуры сложноорганизованных систем. Интересно отметить, что на принципе жесткой детерминации практически основываются разнообразные псевдонаучные и антинаучные построения, например, астрология, которая претендует на статус научного учения, позволяющего по расположению небесных светил, прежде всего планет, вполне однозначно предсказывать исход предпринимаемых действий, а также будущие судьбы отдельных людей и целых народов.

### **3. Вероятностные методы и стиль научного мышления**

#### **3.1. Вероятностная революция в науке**

Важнейшие изменения, которые произошли в структуре научного метода на протяжении второй половины XIX - первой половины XX вв., связаны с выработкой

---

<sup>25</sup> Лаплас П. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908. С. 9.

новых средств познания, новых принципов построения научных теорий. Речь идет об идее вероятности и ее воздействии на развитие научного познания. Идея вероятности — одна из основополагающих и интригующих идей, лежащих в фундаменте современной науки. Более того, понятие вероятности, как иногда говорят, «стало одним из наиболее характерных понятий современной культуры»<sup>26</sup>. Если историю познания в глобальном плане подразделить, как это ныне делается, на классический, неклассический и ультрасовременный (пост-неклассический) этапы ее развития, то именно вероятность, на наш взгляд, в наибольшей степени олицетворяет неклассическую науку — науку второй половины XIX - середины XX веков.

Воздействие идеи вероятности на научное мышление, на развитие познания прямо сопряжено с разработкой теории вероятностей как математической дисциплины, как раздела математики. Зарождение математического учения о вероятности относится к XVII веку, когда было положено начало разработки ядра понятий, выражающих вероятностную идею. Соответствующие проблемы и задачи возникли в статистической практике — в страховом деле, в демографии, в оценке ошибок измерения.

Вместе с тем, в качестве базовых моделей в разработке языка теории вероятностей выступили модели азартных игр. Схемы этих игр, как отмечает Е. С. Вентцель<sup>27</sup>, дают чрезвычайно простые модели теоретико-вероятностных явлений, позволяющие в наиболее отчетливой и наглядной форме наблюдать и изучать исходные закономерности соответствующих процессов

В реальное познание действительности, в структуру фундаментальных исследований вероятность уверенно вошла в середине XIX века. Наибольшая действенность вероятностных методов сказалась в развитии физики как науки, исследующей наиболее глубинные процессы материального мира и, тем самым, революционизирующей развитие всего комплекса естественных наук. Революционное проникновение физики в интимные структуры материи неотделимо от вероятностных представлений. Идея вероятности вошла в физику в ходе разработки молекулярно-кинетической теории газов, переросшей затем в классическую статистическую физику. На путях развития последней произошло окончательное утверждение физического атомизма — были получены непосредственные доказательства реальности атомов и первые данные о параметрах их структуры. Можно сказать, что именно вероятность утвердила в науке атом, вывела его на орбиту прямых физических исследований.

Разработка статистической физики означала грандиозный прорыв науки в познании природы — прорыв в анализ структуры и свойств вещества, прорыв в разработке методов их исследования. Свое начало статистическая физика берет с изучения свойств и закономерностей газов, газообразного состояния вещества. Именно здесь лежат исходные представления вероятностного стиля научного мышления. В дальнейшем статистическая физика довольно быстро «переключилась» на изучение свойств и закономерностей жидких и твердых тел. И ныне статистическая физика предстает как одно из фундаментальных направлений физических исследований.

Включенность вероятности в структуру научных методов привело физику в начале нашего века к новому грандиозному прорыву вглубь материи — в структуру атома и атомных процессов, а затем — и в мир элементарных частиц. Эти знания воплотились в квантовой теории, разработка которой ознаменовала раскрытие весьма необычных, диковинных свойств микромира, понимание которых восхищает и озадачивает ученых и по сей день. Как сказал В. Вайскопф: квантовая теория представляет такой «плод человеческой мысли, который более всякого другого научного достижения углубил и

<sup>26</sup> Probability in the Science / Ed. By E. Agazzi. Dordrecht, 1988. P. VII.

<sup>27</sup> Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., 1964. С. 18.

расширил наше понимание мира»<sup>28</sup>. В литературе также отмечается, что само становление физического познания освящено вероятностными представлениями. Физика немислима вне измерений, а первые же попытки осмыслить и оценить практику измерительных процедур опираются на вероятностные представления, связанные с установлением в конце восемнадцатого столетия закона распределения ошибок измерения, сугубо вероятностного.

Не менее грандиозное значение имеет вероятностная идея и в развитии биологии, ее основополагающих теорий о строении и эволюции живого. На вероятностные представления практически опирается уже эволюционная теория Дарвина. Проблема эволюции органического мира чрезвычайно сложна. В теории Дарвина сформулированы лишь исходные понятия феноменологического порядка, прежде всего — изменчивости, наследственности и отбора. Анализ взаимоотношений между этими понятиями уже немислим вне того, что называется вероятностным образом мышления.

Интенсивные применения вероятностных идей и методов в биологии связаны со становлением и развитием генной теории. Законы генетики в своей основе являются вероятностными. В ходе их разработки происходит не только применение, но и совершенствование методов собственно теории вероятностей как математической дисциплины. И современные исследования проблем организации и эволюции живых систем как ведущих проблем биологии немислимы без привлечения вероятностных идей.

Вероятностные идеи и методы исследований входят практически в каждую из наук о природе — в химию, геологию, географию, в учение о мозге и т. п. Везде, где наука сталкивается со сложностью, с исследованием сложных и сложноорганизованных систем, вероятность приобретает важнейшее значение в методах их исследования. Соответственно она имеет базовое значение и для наук об обществе. Вероятность входит прежде всего в статистику как науку о количественных соотношениях в массовых общественных явлениях. Вне обработки статистических данных развитие наук об обществе ныне просто невозможно. Как иногда говорят, история есть изменяющаяся статистика.

Для современного этапа развития науки характерно интенсивное становление теорий, обслуживающих прямые потребности развития техники. Таковы, например, теория автоматического управления и теория надежности. И здесь методы теории вероятностей являются тем живительным соком, который питает развитие технических дисциплин.

Существенно повысилась значимость теории вероятностей в общей структуре современной математики. «Всем специалистам по теории вероятностей хорошо известно, что математика представляет собою часть теории вероятностей»<sup>29</sup>, — этими словами начал свой доклад в 60-х годах в Московском математическом обществе известный американский ученый, специалист по теории вероятностей Дж. Дуб. Конечно, эти слова прозвучали как шутка, но шутка отнюдь не невинная. Факт заключается в том, что в математике двадцатого века мы наблюдаем интенсивное развитие и, говоря словами И. М. Яглома, «резкое повышение удельного веса теории вероятностей в ряду других математических наук»<sup>30</sup>.

Сказанное позволяет заключить, что вероятностная идея и ее методы, начиная со второй половины XIX века, стимулировали развитие всего комплекса знаний, начиная от наук о неживой природе и кончая науками о живой природе и обществе. Они стали характеризовать магистральные пути развития науки — явились одним из необходимых условий появления многих современных ведущих научных теорий. Вероятностный подход позволяет взглянуть с новой, более широкой точки зрения на ранее сложившиеся научные

<sup>28</sup> Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М., 1977. С. 34.

<sup>29</sup> См.: О некоторых вопросах современной математики и кибернетики. М., 1965. С. 15.

<sup>30</sup> Там же. С. 14.

представления. Все сказанное дает полное основание для утверждения, что вхождение вероятности в науку произвело в ней великую концептуальную революцию. Само понятие вероятности можно, не боясь преувеличений, назвать знаменем теоретического естествознания второй половины XIX - середины XX веков. Продолжая эту линию рассуждений, можно утверждать, что современное понимание проблем бытия и познания, проблем онтологии и гносеологии не может быть удовлетворительно раскрыто, если оно не включает в себя анализ природы вероятности. О революционном воздействии вероятности на развитие науки высказывались многие ведущие ученые двадцатого столетия. Н. Винер, связывая с именем Гиббса радикальное становление вероятности в науке и подчеркивая ее решающее значение в развитии современной физики, писал, что «именно Гиббсу, <sup>a</sup> не Альберту Эйнштейну, Вернеру Гейзенбергу или Макс Планку мы должны приписать первую великую революцию в физике XX века»<sup>31</sup>. Не менее характерно и мнение В. Паули — выдающегося физика-теоретика середины двадцатого века. «Я уверен, — писал он М. Борну, — что статистический характер  $\wedge$ -функции (а таким образом, и законов природы) ... будет определять стиль законов в течение по крайней мере нескольких столетий. Возможно, что позднее, например в связи с процессами жизни, будет найдено нечто совершенно новое, но мечтать о возвращении к прошлому, к классическому стилю Ньютона—Максвелла... — это кажется мне безнадежным, неправильным, признаком плохого вкуса»<sup>32</sup>. Можно добавить, что статистическими закономерностями называются именно те, которые принципиальным образом включают в себя понятие вероятности.

Интересно высказывание К. Поппера, одного из известнейших философов XX века. Как он сам отмечает, его с семнадцати лет завораживала проблема вероятности. Он выработал свою объективную интерпретацию теории вероятностей — интерпретацию с точки зрения предрасположенностей. С позиций этой трактовки вероятностей К. Поппер понял ее «космологическое значение»: «Я имею в виду тот факт, что мы живем в *мире предрасположенностей*, а также то обстоятельство, что этот факт делает наш мир и более интересным, и более уютным, чем мир, как он описывался в соответствии с предшествующим состоянием науки»<sup>33</sup>. О вероятностной революции в науке, радикально изменившей наше описание природы, говорит и И. Пригожин в книге «Конец определенности»<sup>34</sup>.

Итак, можно сказать, что идея вероятности воистину имеет космологическое значение. Она олицетворяет великую концептуальную революцию в познании, революцию, охватывающую весьма длительный исторический период — вторую половину XIX - первую половину XX веков. Вероятностная идея лежит в основаниях таких фундаментальных научных теорий и дисциплин, олицетворяющих магистральные пути развития науки в указанный период, как эволюционное учение, генетика, классическая статистическая физика (как учение о веществе), квантовая теория, кибернетика (теория информации). Воздействие вероятностных методов на преобразования в основах познания выражается в том, что на их базе были разработаны представления о новом классе (виде) научных теорий и закономерностей — о статистических теориях и закономерностях.

Несмотря на столь основополагающее значение вероятности ее концептуальное осмысление остается еще весьма проблематичным. Вероятность лежит на магистральных путях развития науки, но она еще не ассимилирована должным образом современным

<sup>31</sup> Винер Н. Кибернетика и общество. М., 1958. С. 26.

<sup>32</sup> Цит. по: Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., 1963. С. 266.

<sup>33</sup> Поппер К. Мир предрасположенностей: два новых взгляда на причинность // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики. М.: Эдиториал УРСС, 2000. С. 181.

<sup>34</sup> Пригожин И. Конец определенности. Ижевск, 1999. СС. 53, 69, 118.

учением о бытии и познании, не ассимилирована нашим мировоззрением. На это в 70-80 годы двадцатого столетия обращали внимание многие исследователи, например, Б. В. Гнеденко<sup>35</sup> и П. Суппес<sup>36</sup>. Современную ситуацию довольно полно обрисовал Э. Агацци: «Вероятностный образ мышления можно сказать проникнул почти в каждую область нашей интеллектуальной жизни. Однако было бы трудным дать подробный перечень „позитивных“ характеристик, которые можно рассматривать как идентифицирующие признаки этого образа мышления. Каждый скорее скажет, что этот образ мышления характеризуется определенными „негативными“ признаками, т. е. некоторым подходом, который выступает как отрицание хорошо установленных традиционных предположений, концептуальных структур, взглядов на мир и тому подобного. И именно вследствие такой оппозиции традициям вероятностный подход воспринимается как выражение „современного“ интеллектуального стиля»<sup>37</sup>.

При характеристике вероятностного образа мышления основное внимание действительно уделяется тому, что же он отрицает в предшествующем познании, в ранее выработанных картине мира, стиле научного мышления и в методах исследования, а не тому, что же нового и специфического он вносит в мышление, в методы познания и в науку в целом. В современных философско-методологических исследованиях широко утверждается, что вхождение вероятности в познание ведет к отрицанию концепции жесткой детерминации (как тотальной однозначности всех взаимосвязей и взаимодействий в мире), ведет к отрицанию базовой модели бытия и познания, выработанной прежде всего на базе классической науки. Но что же позитивного, более совершенного вероятность предлагает? Какова же новая базовая модель бытия и познания, которая утверждается в науке в ходе развития теоретико-вероятностных методов исследования? Каковы «позитивные» особенности вероятностного стиля научного мышления? Такие вопросы, судя по философско-методологической литературе, во многом продолжают оставаться открытыми.

### 3. 2. Язык вероятностных методов — язык распределений

Применение вероятностных идей и методов в реальном познании, и прежде всего — в естествознании, основано на признании фундаментального характера понятия о распределении. Только на основе представлений о распределениях возможны сама теоретико-вероятностная постановка задач, выработка основных понятий и формулировка основных зависимостей в соответствующих научных теориях. Важнейшим результатом приложений теории вероятностей к познанию, повторим, является разработка представлений о статистических закономерностях как особом классе законов бытия. И понимание природы вероятности неотделимо от понимания природы статистических закономерностей. Статистические закономерности и суть закономерности, выражающие зависимости между распределениями различных величин исследуемых систем и характер изменения этих распределений во времени. Недаром Н. Винер кратко определил статистику как науку о распределении<sup>38</sup>. «Некоторое свойство, — подчеркивает М. Лоэв, — является теоретико-вероятностным тогда и только тогда, когда оно описывается с помощью распределений»<sup>39</sup>. Соответственно этому можно сформулировать важнейший формальный признак теоретико-вероятностного стиля мышления: там, где исследуемые

<sup>35</sup> Гнеденко Б.В. Вопросы математизации современного естествознания // Материалистическая диалектика и методы естественных наук. М., 1968. СС. 201 – 204.

<sup>36</sup> Suppers P. Ibid. P.307.

<sup>37</sup> Probability in the Science / Ed. By E. Agazzi. Dordrecht, 1988. P.VII.

<sup>38</sup> Винер Н. Кибернетика и общество. М., 1958. С. 24.

<sup>39</sup> Лоэв М. Теория вероятностей. М., 1962. С. 183.

объекты и процессы рассматриваются через призму или на основе распределений, там мы имеем дело с теоретико-вероятностным анализом действительности.

Такая фундаментальная роль представлений о распределениях и обусловлена тем, что они являются структурными характеристиками вероятностно-статистических систем. Последние прежде всего раскрывают, как соотносятся целостные свойства систем со свойствами их элементов, как отдельные элементы «вписываются» в системы и как «образуются» целостные свойства систем. Анализ роли и значения распределений раскрывает фундаментальную роль структурных представлений в анализе систем. На базе распределений анализируются прежде всего характеристики элементов систем, а вид распределений соотносится с целостными характеристиками систем с учетом их интегральной природы. Тем самым распределения и выступают как основа своеобразного системного видения мира, обязанного теоретико-вероятностным методам исследования.

Рассматривая понятие вероятностного распределения в качестве исходного, системообразующего понятия вероятностного стиля мышления, имеет смысл сопоставить ядро базовых понятий теории вероятностей и ядро базовых понятий общего учения о системах. Базовыми понятиями теории вероятностей являются понятия случайного события, случайной величины, вероятности и вероятностного распределения. Системный же подход опирается на понятия элемента, структуры и целостных свойств системы. Понятие случайного события практически всегда является вводным при рассмотрении предмета теории вероятностей. Элементарные случайные события являются элементами соответствующих вероятностно-статистических систем. Случайными эти события-элементы называются потому, что параметры (свойства, характеристики) каждого из элементов или же их состояния взаимонезависимы и не определяются одно другим. Можно сказать, что каждое из событий весьма строго индивидуализировано. Совокупность всех событий соответствующего массового явления или процесса называется пространством элементарных событий.

Параметр, который характеризует каждое из случайных событий, но значения которого при переходе от одного события к другому изменяются иррегулярным образом, называется случайной величиной. Иначе говоря, теория вероятностей строит свои утверждения на основе того, что соответствующие массовые явления делятся на подмножества, т. е. система в целом делится на определенные подсистемы. Различаются отдельные события (явления) прежде всего по их принадлежности к тому или иному подмножеству. События, относящиеся к одному подмножеству, рассматриваются как идентичные. Если же все рассматриваемые события принадлежат к одному классу, т. е. если нет деления массового явления на подмножества, то нет и речи о теоретико-вероятностном подходе к анализу соответствующих явлений. Как сказал М. Кац, — теоретико-вероятностный способ рассуждений состоит в том, что «частные явления вкладываются в совокупность подобных им явлений, и утверждения об этих индивидуальных явлениях заменяются утверждениями о всей совокупности»<sup>40</sup>.

Коль скоро введено деление рассматриваемого множества случайных событий на подмножества и сами эти события характеризуются по их принадлежности к определенному подмножеству, то встает задача о способах и средствах характеристики этих подмножеств. В теории вероятностей такие характеристики даются на основе представлений о случайных величинах. Эти представления исходят из того, что все элементы множества имеют некоторое свойство, некоторый параметр, присущий каждому из элементов. Вместе с тем эти параметры изменяются при переходе от одних случайных событий к другим. Те значения случайных событий (явлений), которые иррегулярным образом изменяются при этих переходах, и представляют случайные величины. Точнее, это есть одна из

---

<sup>40</sup> Кац М. Вероятность и смежные вопросы в физике. М.: Мир, 1965. С. 40.

предпосылок определения случайной величины, другая связана с введением понятия вероятности. В каждом случайном массовом явлении случайная величина неоднократно, практически неограниченное число раз, может пробегать (принимать) каждое из своих возможных значений. Другими словами, каждое из событий (памятуя, что оно характеризуется принадлежностью к определенному подмножеству) в случайном массовом явлении может встречаться (или воспроизводиться) в массовом масштабе. При этом весьма существенно, что с возрастанием числа событий относительная частота встречаемости каждого из них (относительный «вес» каждого подмножества) обладает устойчивостью, т. е. проявляет ясно выраженную тенденцию группироваться вокруг некоторого постоянного значения. Под относительной частотой  $v$  некоторого случайного события  $A$  (характеризуемого определенным значением случайной величины) при условиях  $S$  понимают отношение числа появления этого события  $p$ , к общему числу событий:  $v = \frac{p}{n}$ . Эти устойчивые значения частот не изменяются при воспроизведении соответствующего массового случайного явления в тех же условиях. В рамках подмножеств важно лишь число относящихся к нему элементарных событий — какие либо качественные различия событий в подмножествах или же их структурированность исключаются. Устойчивость частот составляет замечательную особенность случайных величин, и она как раз обусловлена существованием вероятности: данные устойчивые значения частот рассматриваются как проявление вероятности и ее численных значений, присущих исследуемым объектам и процессам, характеризующимся с помощью случайных величин. В примере с игральной костью (если она «честная», т. е. имеет правильную геометрическую форму и однородна по своему внутреннему строению) в больших сериях испытаний каждая из граней выпадает примерно в  $1/6$  части случаев, и это значение рассматривается как выражение вероятности выпадения каждой из граней кости.

Представления об устойчивых частотах позволяют весьма наглядно определить саму вероятность, наиболее прямо и непосредственно вскрыть ее объективное содержание. «Повидимому, — пишет А. Н. Колмогоров, — с чисто формальной стороны о вероятности нельзя сказать ничего больше следующего: вероятность  $P(A/S)$  есть число, вокруг которого при условиях  $S$  и при предусмотренных этими условиями способах формирования серий имеют тенденцию группироваться частоты, причем при возрастании численности этих серий в разумных пределах, не нарушающих однородности условий, эта тенденция проявляется со все большей отчетливостью и точностью, достигая достаточных в данной конкретной обстановке надежности и точности при достижимых численностях серий»<sup>41</sup>.

Все основные успехи, все практическое значение теории вероятностей основано прежде всего на связи между вероятностью и частотой. А. Я. Хинчин в этой связи писал: «Физик, биолог, техник, социальный статистик, говоря о вероятности, неизменно имеют в виду некоторую относительную частоту. Более того, даже математик в те особые моменты своей работы, когда, прерывая цепь формальных умозаключений, он вынужден обращать свою интуицию на предметное содержание своих понятий, по большей части склонен представлять себе каждую вероятность именно как относительную частоту. Это не значит, конечно, что вероятность как понятие математической теории должна вмещать в себе всю совокупность свойств и особенностей, присущих реальным частотам... Это означает только то, что теория вероятностей должна быть достаточно точным формальным и, следовательно, абстрагированным образом той структуры, тех возможностей, какие имеют место в мире реальных частот»<sup>42</sup>.

<sup>41</sup> Колмогоров А. Н. Теория вероятностей // Математика, ее содержание, методы и значение. Т. II, М., 1956. С. 275.

<sup>42</sup> Хинчин А. Я. Частотная теория Р. Мизеса и современные идеи теории вероятностей // Вопросы философии. 1961. № 1. С. 96.

---

Частотный подход к определению вероятности означает, что последняя рассматривается как характеристика определенного класса систем, поскольку понятие частоты имеет смысл в связи с массовыми явлениями. Системный аспект выступает здесь как одна из важнейших принципиальных черт теории вероятностей, лежащая в самом ее основании.

Вероятность, по определению, сопоставляется отдельному событию (виду элементарных событий), что соответствует ее соотношению с некоторым из возможных значений случайной величины. Однако любое теоретико-вероятностное массовое явление принципиально обладает разнообразием, т. е. характеризуется различными (минимум двумя) событиями, различными возможными значениями случайной величины. Соответственно этому теория вероятностей исходит из того, что каждое из событий массового явления характеризуется определенной вероятностью, а само массовое явление — распределением вероятностей.

Само слово «распределение» вероятностей указывает на его содержание. Распределение вероятностей случайной величины определяется спектром возможных ее значений (событиями) и вероятностями, характеризующими каждый выделенный участок ее спектра. Например, если случайная величина принимает дискретный ряд значений, то ее распределение задается указанием возможных значений  $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$  этой величины и соответствующих им вероятностей  $p_1, p_2, \dots, p_n, \dots$ . Распределения могут быть как дискретными, так и непрерывными. Математически они могут выражаться различными способами, и прежде всего функциями распределения, характеристическими функциями, плотностью вероятности. Соответственно этому говорят о законе распределения вероятностей и наличии различных эквивалентных выражений этого закона.

Представления о распределении вероятностей являются более общей характеристикой, нежели просто представления о вероятности отдельного события. Определение вероятности случайного события, по существу, основывается на представлении о распределениях, поскольку определение вероятности любого события  $A$  можно дать, лишь определив вероятность противоположного ему события  $\bar{A}$ . Другими словами, когда говорят просто о вероятности события, то исследуются свойства и закономерности простейших распределений с минимально возможным разнообразием.

Распределение в случайном массовом явлении означает, что, несмотря на непрерывное, совершенно беспорядочное изменение значений случайной величины в опыте (при переходах от одних элементов массового явления к другим, например, в сериях бросков кости), относительное число элементов с определенным значением величины весьма устойчиво. Устойчивость характерна для каждого из подмножеств. На основе представлений о вероятностном распределении получает более строгое определение понятие случайной величины: случайной величиной называется такая переменная величина, которая совершенно произвольно (отсутствует какая-либо закономерность) пробегает спектр возможных значений и для которой определено распределение вероятностей. В примере с игральной костью распределение представлено спектром граней кости и вероятностями выпадения каждой из них. В моделях газа широко известно распределение молекул по скоростям движения.

Выше отмечалось, что вхождение вероятности в познание преобразует основные начала научного метода. Особо отметим, что вырабатываются существенно новые подходы в экспериментальном начале познания. И эти преобразования касаются прежде всего самих способов и форм обработки экспериментальных данных и сопряжены с тем, что основным понятием теоретико-вероятностных методов является понятие вероятностного распределения. Реальное познание всегда исходит из опытного задания исходных

---

вероятностных распределений. Поскольку распределения являются системными характеристиками, то вполне естественно предположить, что исходные распределения задаются прежде всего путем непосредственной обработки массового опытного материала. Подобный подход существует, но он весьма ограничен. Практически только при первом проникновении вероятностных методов исследования в некоторую новую область явлений часто начинают с эмпирической обработки массового опытного материала и на основе этого задают исходные распределения. Но здесь встречаются громадные трудности. Так, чтобы эмпирически строго задать распределение случайной величины и, следовательно, обнаружить постоянство частот с точностью до некоторого весьма малого значения  $\epsilon$ , необходимы серии примерно по  $n = 1/\epsilon^2$  испытаний. Если предположить, что в некотором конкретном случае необходимо статистически определить вероятность с точностью до 0,0001, то для этого требуется произвести ряд серий измерений примерно по 100 000 000 измерений в каждой. Ясно, что при таком опытном задании исходных распределений весьма трудно продвигаться вперед по пути использования статистических методов исследования. Во многих практических случаях нет необходимости или целесообразности «перебирать» все элементы рассматриваемых совокупностей либо в силу чрезвычайно большого их числа, либо в силу того, что при наличии некоторого числа «перебранных» элементов учет новых не внесет существенных изменений в общие результаты в рамках предъявляемых к ним требований. Для этих случаев разработан специальный выборочный метод исследования общих свойств статистических систем (совокупностей каких-либо объектов или свойств) на основе изучения лишь части соответствующих элементов, взятых на выборку. Чтобы выборочное распределение достаточно надежно характеризовало исследуемую систему, оно должно удовлетворять специальным условиям — репрезентативности. Выборочный метод служит основой, например, статистических методов контроля качества Продукции. Он часто применяется при анализе статистических данных, относящихся к развитию и функционированию общества.

Несмотря на всю важность обработки массового материала при опытном задании исходных вероятностных распределений, в естествознании в наиболее существенных случаях использования вероятностных методов эти исходные распределения задаются иначе, что довольно подробно рассмотрено в ряде работ по общим вопросам теории вероятностей<sup>43</sup>.

При исследованиях процессов природы вероятностные распределения гораздо чаще вводятся гипотетически, косвенно. Вероятностная гипотеза обычно вводится на основании соображений симметрии, допущения о равновозможности определенных исходов исследуемого процесса, соображений о практической независимости отдельных рядов событий и т. д. Проверяется вероятностная гипотеза также косвенным образом — на основании совпадения полученных из теории основных выводов о свойствах физических систем с опытными данными.

В физике уже в учение о газах предположение о существовании вероятностных распределений было введено как гипотеза, на основе допущений о «молекулярном беспорядке». Совпадение вычисленных на основе статистических методов значений ряда физических макрохарактеристик (давление, энергия и т. п.) с опытными явилось подтверждением вероятностной гипотезы в данном случае.

В квантовой теории вероятностные распределения получаются путем задания волновых функций. Волновые функции квантовых систем в общем случае задаются как решения соответствующих уравнений движения — волновых уравнений. На основе

---

<sup>43</sup> См., например: Колмогоров А. Н. Теория вероятностей // Математика, ее содержание, методы и значение. Т. II.

совпадения вычисленных характеристик квантовых систем с опытными данными делают заключения о справедливости вероятностной гипотезы и в квантовом случае.

Задание исходных вероятностных распределений выступает и рассматривается как задача измерения вероятностей. И такие измерения в большинстве случаев носят опосредованный характер, опосредованный теорией. На эти вопросы обращает внимание, например, М. Бунге. «В простейшем случае, изученном философами, — пишет он, — вероятности измеряются путем подсчета относительных частот. Однако столь же распространены и косвенные методы измерения вероятностей, то есть измерения, опосредованные теоретическими формулами»<sup>44</sup>. М. Бунге отмечает, что подобные косвенные измерения вероятностей весьма характерны для атомной и ядерной физики и рассматривает соответствующие примеры<sup>45</sup>.

Дальнейшее обогащение вероятностной идеи происходит по мере перехода к исследованиям все более сложных систем и, особо, сложно организованных систем. Как мы увидим в дальнейшем, вероятностная идея становится все более сопряженной с понятиями и представлениями о неустойчивости, неравновесности, нелинейности, бифуркациях, управлении, целенаправленности, информации и рядом других, выражающих внутреннюю динамику исследуемых сложных систем.

#### **4. Научный метод на пути познания сложности**

##### **4.1. Вероятность — проблема наследников**

Научный метод получает свое обогащение в процессе познания все новых и новых областей действительности. Соответственно такой методологической установке весьма интересно и необходимо рассмотреть современные устремления научной мысли, обусловленные переходом науки к аналитическим исследованиям сложноорганизованных систем, или просто — к исследованиям сложности. Проблема сложности символизирует основное направление разработки современных методов исследования, характеризует пути дальнейшего проникновения науки в структуры бытия, в «тайны» материальной действительности. К ее анализу в последнее время привлекается повышенное внимание. Проводятся соответствующие конференции, организуются специализированные научные подразделения. Понятие сложности выступает как (обобщающая) характеристика высших форм организации материи — сложность связана с раскрытием структуры и функций этих высших форм и с выработкой методов их познания. Проблема сложности нацелена на разработку моделей живых и социальных систем. Базовой выступает общая теория динамических систем. Соответственно, с развитием познания изменяются и наши представления об элементарных единицах материи. Как нередко говорят, — наш мир построен не просто из атомов и элементарных частиц, а из нелинейных динамических систем.

Проблема сложности не является, конечно, совершенно новой для современной науки, но есть особенности в ее понимании и возможностях анализа. Сложность — это не просто катастрофическое нарастание элементов и параметров исследуемых систем, а особые и «замысловатые» формы организации взаимосвязей и взаимодействий тех составляющих, которые образуют эти системы. «Под сложной системой, — отмечает Г. Саймон, — мы понимаем систему, состоящую из большого числа частей и взаимодействующую между

<sup>44</sup> Бунге М. Философия физики. М., 1975. С. 315.

<sup>45</sup> Там же. СС. 315-317.

собой непростым образом»<sup>46</sup>. Изучение систем, по Г. Саймону, отвечает насущной потребности понять и овладеть феноменом сложности<sup>47</sup>.

Сложность — это новые типы взаимосвязей, символизируемые прежде всего понятиями случайности (соответственно — независимости, иерархии) и нелинейности. Разрабатываются различные методы исследования сложных систем, нарабатываются базисные понятия для нового концептуального видения мира. Нарастивание методов исследования сложности проявилось в интенсивном развитии в середине нашего века общей теории систем (системного подхода), далее — в разработке идей кибернетики как науки об основах процессов управления в сложных динамических системах, а уже в сравнительно недавнее время — в разработке идей самоорганизации и синергетики, в становлении «нелинейного мышления».

Познание сложности в широком концептуальном смысле идет на смену и опирается на теоретико-вероятностные методы исследований. Идея вероятности уже сослужила великую службу науке. Колоссальный прогресс наших знаний о строении и эволюции материи, достигнутый естествознанием со второй половины XIX века, во многом и решающем обусловлен методами исследований, опирающимися на теоретико-вероятностные представления. Вместе с тем, несмотря на столь сильное воздействие вероятности на развитие современного научного мышления, в наши дни поставлен вопрос, как уже отмечалось, об ограниченности простой вероятностной (статистической) парадигмы и происходят ее преобразования. При этом следует подчеркнуть, что речь идет не об умалении методов исследования, основанных на простой вероятностной идее и, тем более, об их отрицании и отказе от них. Речь идет о гораздо большем — о наследниках теоретико-вероятностных концепций, об их преемниках, о новых концептуальных основах современной науки, об обогащении научного метода.

Сугубо вероятностный подход подвергается особо острой критике в ходе познания высокоорганизованных систем, в частности — в ходе исследования процессов происхождения жизни. Согласно такому подходу предполагается, что первичные живые структуры возникли в результате спорадических столкновений атомов вещества, первоначально находившихся в некотором хаотически распределенном состоянии. Если исходить из того, что живые структуры возникли в результате чисто случайных столкновений атомов или же что все существующее разнообразие видов живого возникло в ходе простого перебора мутантов, то для создания эволюционным путем наблюдающегося разнообразия существующих видов с их фантастически сложными органами и поведением не хватило бы ни времени существования наблюдаемой Вселенной, ни исходного материала<sup>48</sup>.

Если признать, что знания развиваются последовательно и преемственно, то естественно предположить, что разработка новых концептуальных воззрений опирается на вероятностные концепции и является обобщением последних. Такие направления мысли в настоящее время просматриваются и одно из них выступает весьма своеобразно. Широко принято рассматривать концепцию жесткой детерминации и вероятностные взгляды на мир как два предельных, диаметрально противоположных подхода к анализу бытия и познания. Соответственно, новая парадигмальная концепция выступает как своеобразный синтез концепции жесткой детерминации и вероятностного подхода. О том, что такая постановка вопроса крайне существенна, говорят многие высказывания авторитетных ученых и методологов науки. Прежде всего, она встречается в работах, по-

<sup>46</sup> Саймон Г. Указ. соч. С. 104

<sup>47</sup> Саймон Г. Указ. соч. С. 137.

<sup>48</sup> См., например: *Волькенштейн М. В.* Сущность биологической эволюции // УФН. 1984. Т.143. Вып..3. С. 429 и сл.

священных анализу нелинейных процессов. Связывая познание сложных систем, познание нелинейных процессов с разработкой «стохастической динамики», известные представители нижегородской школы изучения нелинейных процессов А. В. Гапонов-Грехов и М. И. Рабинович заявляют: «В последние годы интерес физиков к „стохастической динамике“ | непрерывно возрастает: это связано как с появлением большого числа конкретных задач в различных областях, так и с наметившейся возможностью продвинуться в фундаментальной проблеме о связи динамических и статистических законов физики, прежде противопоставлявшихся друг другу»<sup>49</sup>.

Здесь ясно заявлено, что проблема связи динамических (жестко-детерминированных) и статистических законов физики является фундаментальной и ныне находится в процессе своего решения.

Интересно рассматриваемая проблема ставится в школе И. Пригожина, исследующей концептуальные преобразования в современном научном мышлении. «Мы должны отыскать, — пишут И. Пригожий и И. Стенгерс, — узкую тропинку, затерявшуюся где-то между двумя концепциями, каждая из которых приводит к отчуждению: концепцией мира, управляемого законами, не оставляющими места для новации и созидания, и концепцией, символизируемой Богом, играющим в кости, концепцией абсурдного, акаузального мира, в котором ничего нельзя понять»<sup>50</sup>. И далее: «То, что возникает буквально на наших глазах, есть описание, промежуточное между двумя противоположными картинками — детерминистическим миром и произвольным миром чистых событий. Реальный мир управляется не детерминистическими законами, равно как и не абсолютной случайностью. В промежуточном описании физические законы приводят к новой форме познаваемости, выражаемой несводимыми вероятностными представлениями»<sup>51</sup>.

Крайне любопытно относительно рассматриваемой проблемы высказался один из авторитетнейших философов XX века — К. Поппер. Поппер уделял пристальное внимание анализу природы вероятности, выдвинул свою ее трактовку (вероятность как предрасположенность). Одну из своих лекций он озаглавил — «Об облаках и часах...». Понятие облака у него символизирует вероятностный образ мышления, а часы — образ мышления, основывающийся на концепции жесткой детерминации. «Облака, — заявляет К. Поппер, — у меня должны представлять такие физические системы, которые, подобно газам, ведут себя в высшей степени беспорядочным, неорганизованным и более или менее неопределенным образом. Я буду предполагать, что у нас есть некая схема или шкала, в которой такие неорганизованные и неупорядоченные облака располагаются на левом конце. На другом же конце нашей схемы — справа — мы можем поставить очень надежные маятниковые часы, высокоточный часовой механизм, воплощающий собою физические системы, поведение которых вполне регулярно, упорядочение и точно предсказуемо»<sup>52</sup>. Соответственно этому — «огромное количество различных вещей, естественных процессов и явлений природы располагается в промежутке между этими крайностями: облаками слева и часами справа»<sup>53</sup>. Наш мир при таком подходе представляет собою «взаимосвязанную систему из облаков и часов, в которой даже самые лучшие часы *в своей молекулярной структуре* в определенной степени оказываются

<sup>49</sup> Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И. Нелинейная физика. Стохастичность и структуры // Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984. С. 228.

<sup>50</sup> Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. 3-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2001. С. 223.

<sup>51</sup> Там же. С. 224.

<sup>52</sup> Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983. С. 497-498.

<sup>53</sup> Там же. С. 498.

облакоподобными»<sup>54</sup>. Добавим еще, что используя такой язык Поппер характеризует концепцию жесткой детерминации как «все облака суть часы», а абсолютизацию случайности (сугубо вероятностный подход) — как «все часы суть облака».

Как видим, проблема взаимосвязи, проблема синтеза концепций жесткой и вероятностной детерминаций ставится весьма настойчиво. Рассматривая их взаимоотношение с наиболее широкими, с эволюционных позиций следует подчеркнуть, что жесткая детерминация символизирует собою неумолимо наступающие события, символизирует неизменное, сохраняющееся начало мира, а вероятностная детерминация — наличие внутренней независимости во взаимосвязях событий, наличие подвижного, изменчивого, лабильного начала мира, дающего возможность возникновения истинно нового, ранее в эволюции не имевшего места. Другими словами, исследование проблемы синтеза динамической и статистической детерминаций направлено на продвижение по пути раскрытия закономерностей взаимопроникновения жесткого и пластичного начал мира, что возможно на основе дальнейшего совершенствования методов исследования.

Проблема синтеза жесткой детерминации и вероятностной детерминации в развитии науки поставлена, она не решена, но находится в процессе своего решения. Разработка новой парадигмы науки, разработка методов, позволяющих осуществить синтез концепций жесткой детерминации и вероятностной детерминации не могут рассматриваться как некий разовый, единовременный акт. Становление основных идей этого синтеза просматривается в ходе тех концептуальных сдвигов и разработок, которые зафиксированы в развитии научного мышления с середины XX века. На этом пути следует отметить зарождение и развитие системного движения (общей теории систем), кибернетики и концепции самоорганизации (синергетики). Эти концептуальные сдвиги в науке весьма существенны и они идут по линии утверждения и обогащения системных представлений, по линии разработки общего учения о сложных и сложноорганизованных системах. При становлении системного движения оформлялся сам его статус в познании, вырабатывались понятия о системе, ее структуре, целостных характеристиках, подсистемах и элементах. В ходе разработки кибернетики внимание было обращено на понятия, выражающие исходные представления о функционировании и поведении сложных систем. Такими явились понятия цели, обратной связи, управления и его эффективности. Основные идеи общего учения о самоорганизации и синергетики уже соотносятся с процессами усложнения и преобразования систем. Исходными понятиями здесь являются понятия порядка и хаоса, преобразования систем — порождения порядка из хаоса, неустойчивости, неравновесности, бифуркаций.

Общая теория систем, кибернетика и синергетика — этапы большого пути, ведущего к выработке нового концептуального видения мира, к разработке новых методов познания сложности. Изменения происходят громадные, но они еще не воспринимаются как имеющие некоторую законченную форму. Возможно это связано с тем, что эти преобразования не опираются на достаточно замкнутую физическую теорию. Следует отметить, что становление и концепции жесткой детерминации и вероятностной детерминации базировались на фундаментальных теориях физики своего времени: первая — на классической механике, вторая — на классической статистической физике. Концептуальные преобразования, характеризующие становление синергетики, также берут начало в физических исследованиях — ее породили приложения методов термодинамики и статистической физики к исследованиям неравновесных процессов, однако «замкнутого» ядра новой теории здесь еще не сложилось. Язык происходящих концептуальных преобразований скорее опирается на язык биологии, на анализ базовых понятий, лежащих в основе изучения живых систем. Можно предположить, что объекты

---

<sup>54</sup> Там же. С. 504.

современной науки, современного естествознания настолько сложны, что меняются сами представления о научной теории и ее структуре и, соответственно, происходят коренные изменения в методах исследования. Тем не менее, вопрос о включенности физики в разработку новой парадигмы, ее основных идей, в разработку новых методов не снимается с повестки дня. Вероятностная парадигма брала свое начало «сверху» — представления о случайности и независимости формировались в ходе анализа явлений из жизни общества, но как парадигма она проявила свою силу после того, как стала опираться на модели, вырабатываемые в фундаментальных теориях физики. Что же можно сказать о включенности базовых идей физики в современную разработку нового концептуального видения мира и методов исследования?

Одно из важнейших направлений, где происходит разработка новых физических идей фундаментального порядка, есть исследования по общей теории нелинейных динамических систем. К обсуждению их специфики и стоит перейти.

#### 4. 2. Нелинейность

В настоящее время наука перешла к интенсивным исследованиям новых классов сложности — к исследованиям нелинейных процессов. Соответственно, вырабатываются новые специализированные методы — как теоретические, так и экспериментальные. Познание нелинейных процессов вскрыло в науке подходы к познанию процессов образования и преобразования структурных единиц материи. В открытых нелинейных системах стали протекать процессы самоорганизации. Соответственно стали говорить о новых типах взаимосвязей, взаимодействий в материальных процессах.

Познание сложности неотделимо от познания новых видов взаимосвязей и взаимодействий. Уже отмечалось, что сложность не равносильна простому нарастанию численности рассматриваемых элементов и структур — она прежде всего выражает наличие изменений в наших представлениях о связях и взаимодействиях. Более того, именно анализ связей и взаимодействий, более «замысловатых» в сравнении с таковыми, свойственными классической науке, прежде всего и характеризует сам феномен сложности. Новые взаимоотношения, познаваемые посредством теоретико-вероятностных методов и выражаемые через категории случайности и независимости, уже относятся к классу сложных. Однако в современной науке можно сказать центральное внимание уделяется раскрытию тех взаимосвязей и взаимодействий, которые характеризуются через представления о нелинейности. Нелинейность в наибольшей степени олицетворяет складывающуюся в современной науке новую парадигму, характеризуемую через представления о самоорганизации. Как сказали Е. Н. Князева и С. П. Курдюмов, «„нелинейность" — фундаментальный концептуальный узел новой парадигмы. Можно даже, пожалуй, сказать, что новая парадигма есть парадигма нелинейности»<sup>55</sup>.

Основу новых методов составляет «нелинейная математика» — анализ и решение нелинейных уравнений. Нелинейная математика дает новые формы выражения закономерностей природы и раскрытия их особенностей. Проблема нелинейности впервые остро проявилась в радиотехнике, в ходе изучения нелинейных колебательных процессов, характеризующих большинство радиотехнических устройств. Уже в ходе этих исследований был отмечен принципиальный характер нелинейности для познания в целом, было заявлено о необходимости «нелинейного мышления» (Л. И. Мандельштам). Переход к интенсивным исследованиям нелинейных процессов стал возможен благодаря применениям компьютеров. Нелинейные уравнения необычайно сложны и трудны для своего анализа и решений и лишь применение компьютеров открыло здесь совершенно

---

<sup>55</sup> Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1994. С. 21.

новые горизонты. Как пишут сами исследователи соответствующих процессов: «Чем же отличаются модели, используемые в домашинной — классической науке, от тех, которые стали доступны ученым с появлением ЭВМ? Пожалуй, главное заключается в том, что машины дали огромные возможности расширить класс доступных для анализа нелинейных математических моделей»<sup>56</sup>. Следует сказать, что на значимость проблемы нелинейности стали обращать повышенное внимание и при становлении кибернетики. Так, У. Росс Эшби отмечал, что область исследований кибернетики довольно быстро и необычайно расширилась, так что ее следует разделить «по признаку линейности или нелинейности рассматриваемых систем или механизмов»<sup>57</sup>.

Нелинейными системами являются системы, свойства которых зависят от их состояний, от их внутренней динамики и изменений. К наиболее отличительным признакам нелинейных систем относят прежде всего нарушение в них принципа суперпозиции: результат одного из воздействий на систему при наличии другого воздействия оказывается не таким, каким он был бы при отсутствии последнего. Принцип суперпозиции был весьма характерен для всех основных задач, решаемых в классической физике. Подобный подход был определяющим и на протяжении первой половины двадцатого века. «В результате, — пишут А. В. Гапонов-Грехов и М. И. Рабинович, — принцип суперпозиции, т. е. представление о том, что аддитивность причин приводит к аддитивности следствий, стал настолько привычным, что многим даже казался универсальным ключом к пониманию и количественному описанию большинства проблем, которые ставила перед физиками природа»<sup>58</sup>.

Принципиальное содержание идеи нелинейности раскрывается через ряд важнейших категорий и представлений бытия и познания. Прежде всего, утверждается, что нелинейность предполагает многовариантность путей эволюции, включая наличие и альтернативных. Классические представления обычно предполагают наличие однонаправленности, линейности в определении таких путей: знания могут выявить и определить лишь один истинный путь эволюции — иного не дано. С позиций нелинейности эволюция сложных систем не предопределена, открыта в будущее. Внутренние преобразования систем порождают такие их состояния, когда открываются разнообразные возможности, разнообразные пути дальнейшего развертывания процессов. Подобные состояния характеризуются как точки бифуркации, точки ветвления. Соответственно, для понимания нелинейности весьма существенна проблема выбора, проблема выхода на один из возможных путей эволюции. Выбор этот характеризуется рядом особенностей, прежде всего — самими особенностями бифуркаций. Для точек бифуркации весьма существенна определенная неустойчивость и именно это позволяет системам совершить выбор дальнейшего пути развития. Неустойчивость эта особого рода — в состоянии неустойчивости системы чувствительны к весьма малым флуктуациям. «...В окрестностях точек бифуркации существенную роль играют флуктуации, и именно они „выбирают“ ветвь, которой будет следовать система»<sup>59</sup>. Представления о неустойчивости и флуктуациях в познании нелинейных процессов стали играть конструктивную роль.

Нелинейность порождает неожиданные изменения направлений течения процессов, непредвиденные новые структуры. Последнее особо подчеркивается для биологических систем. «Чем выше уровень усложненности системы, чем такая система совершеннее, —

<sup>56</sup> *Ахромеева Т. С., Курдюмов С. П., Малиецкий Г. Г.* Парадоксы мира нестационарных структур. М., 1985. С. 3.

<sup>57</sup> *Эшби У. Росс.* Применение кибернетики в биологии и социологии // Вопросы философии. 1958. № 12. С. 110.

<sup>58</sup> *Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И.* Указ. соч. С.219.

<sup>59</sup> *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М.: Едиториал УРСС, 2002. С. 108.

отмечал В. А. Энгельгарт, — тем отчетливее выступают „нелинейные" эффекты, и это в первую очередь относится к биологическим иерархиям. Их важнейшей особенностью является возникновение новых свойств, которые никак не могут быть выделены или предсказаны на основе прямого проявления свойств тех элементов, из которых построена рассматриваемая иерархическая система»<sup>60</sup>. Наличие подобной новизны делает принципиально недостаточными прогнозы-экстраполяции от наличного.

С нелинейностью связывается и пороговость чувствительности сложных систем. Ниже некоторого порога нелинейные системы нечувствительны, не реагируют на воздействия, а выше порога эффекты многократно усиливаются.

Нелинейность сопряжена с необратимостью протекания материальных процессов. Последняя обусловлена тем, что развитие включает в себя аспекты случайности, независимости. Необратимость наглядно проявляет себя в эволюции биологических и социальных систем. В последнее время в работах школы И. Пригожина проблеме необратимости уделяется пристальное внимание и раскрывается, что необратимость существенна и на фундаментальном уровне строения материи — на уровне физических и химических процессов. «Необратимость, — замечают И. Пригожий и И. Стенгерс, — существует либо на *всех* уровнях, либо не существует ни на одном уровне. Она не может возникнуть, словно чудо, при переходе с одного уровня на другой»<sup>61</sup>. Необратимым процессам приписывается конструктивная роль: «Необратимость есть тот механизм, который создает порядок из хаоса»<sup>62</sup>. И далее: «Важно подчеркнуть, что описанную нами новую фазу развития науки — включение необратимости в физику — не следует рассматривать как своего рода „откровение", обладание которым ставит его владельца в особое положение, отдаляя его от культурного мира, в котором тот живет. Напротив, это развитие отражает и внутреннюю логику науки, и современную культурную и социальную обстановку»<sup>63</sup>.

Анализ нелинейных процессов воздействует на методы теории вероятностей и, прежде всего, приводит к изменениям в понимании случайности, к ее углубленной трактовке. Случайность становится тесно связанной с неустойчивостью и неравновесностью. Исходными в таком развитии взглядов на случайность можно рассматривать идеи А. Пуанкаре. Случайность, отмечал он, проявляет себя прежде всего в состояниях неустойчивого равновесия. Классический пример тому дает уже такая простейшая задача из области механики, как конус, стоящий на вершине. «Если конус стоит на вершине, — пишет А. Пуанкаре, — то мы знаем, что он опрокинется, но не знаем в какую сторону. Нам представляется, что это полностью зависит от случая. Если бы конус был совершенно симметричен, если бы ось его была совершенно вертикальна, если бы он не был подвержен действию никакой силы, кроме тяжести, то он не упал бы вовсе. Но малейший изъян в симметрии заставил бы его слегка наклониться в ту или иную сторону; наклонившись же, хотя бы и весьма незначительно, он упадет в сторону наклона окончательно. Если бы даже симметрия была совершенна, то самого легкого дрожания, легчайшего дуновения ветра было бы достаточно, чтобы наклонить его на несколько секунд дуги; и этим не только было бы решено его падение, было бы предопределено и направление этого падения, которое совпало бы с направлением первоначального наклона. Таким образом, совершенно ничтожная причина, ускользающая от нас по своей малости, вызывает значительное действие, которое мы не можем предусмотреть, и тогда мы говорим, что это явление

<sup>60</sup> Энгельгарт В. А. Указ. соч. С. 232.

<sup>61</sup> Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. 3-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2001. С. 251.

<sup>62</sup> Там же. С. 257.

<sup>63</sup> Там же. С. 272 - 273.

представляет собой результат случая»<sup>64</sup>. Подобные примеры можно привести не из одной механики. Результат, который является следствием действия малых причин (флуктуационных изменений), характеризующих исходное неустойчивое состояние, и выступает перед нами как случайный. Рассмотренная модель и демонстрирует, что на уровне результата (большие следствия) нет непосредственных и «равновеликих» причин, его обуславливающих. Идея случайности существенно опирается на представление о том, что причины не всегда могут быть разумно соотнесены со своими следствиями, что во взаимосвязях в материальном мире существуют своего рода иррациональные, несоизмеримые, независимые соотношения. Соответственно, для обоснования случайности важны такие понятия и представления, как существенная неустойчивость, неравновесность, малые причины — большие следствия и эффект усиления флуктуационно выбранного направления изменений (самодействие). Последнее позволяет сделать весьма важный и интересный вывод — случайность есть существенно нелинейная характеристика, есть характеристика нелинейного мира. Тем самым основания случайности и вероятности оказываются глубоко динамичными. Они возможны в мире, где связи и зависимости весьма сложны, подвижны, многократно опосредованы и необычайно «резонируют». Происходит отказ от модели линейного мира как базовой и вырабатывается «нелинейное мышление» с его коренной ломкой устоявшихся понятий и представлений. Случайность в ходе этой ломки приобретает новое, конструктивное звучание. Ранее, в случае линейных моделей случайность была в основном ответственна за наличие постоянных иррегулярных колебаний значений некоторых свойств вокруг средних величин. При анализе нелинейных процессов случайность становится ответственной уже за перемены глобального порядка.

Идеи и методы теории вероятностей, их развитие неотделимы от разработок по теории самоорганизации, синергетике, неравновесной термодинамике, которые образуют важнейшее направление в современном развитии нелинейных наук. Методологические подходы этих исследований зачастую резюмируются в проблеме «порядок и хаос». Представления о хаосе олицетворяются моделью идеального газа в состоянии термодинамического равновесия. Именно особенности внутреннего состояния газов порождают наши исходные представления о хаосе и об условиях его образования. Можно отметить, что само название «газ» происходит от того же корня, что и слово «хаос». Понятие хаоса характеризует структуру систем, где элементы внутренне динамичны, но поведение которых не коррелирует, не согласуются друг с другом, отсутствует действие обратных связей. Сказанное означает, что представления о хаосе характеризуют структуру простейших статистических систем, которые являются базовыми в исходных приложениях теории вероятностей.

Представления о порядке символизируются моделью идеального твердого тела типа идеального кристалла или же моделью систем, обеспечивающих строгую однозначность развертывания во времени всех их параметров. Другими словами, представления о порядке соотносятся с жесткой детерминацией, соотносятся с системами, функционирующими по принципу жесткой детерминации.

Интенсивные современные исследования процессов самоорганизации показывают, что представления о хаосе и порядке являются предельными, а реальные системы представляют собою своеобразный синтез этих полярностей. Эволюционный подход к анализу проблемы «хаос-порядок» говорит о том, что и хаос и порядок по разному проявляют себя на различных уровнях организации материи. Это различие выражается прежде всего в том, что в качестве эволюционирующих структур рассматриваются различные объекты и системы, находящиеся на разных уровнях организации.

---

<sup>64</sup> Пуанкаре А. О науке. М., 1983. СС. 322 - 323.

Соответственно этому, становление новых структур, рождение новых форм возможно не на путях разрушения «до основания» старых структур, а исходя из их преобразования и совершенствования. Особо наглядно последнее раскрывается на примере развития техники и технологий: новые поколения автомобилей или компьютеров возможны как совершенствование структурно-функциональной организации предшествующих. Согласно идее развития представления о порядке выражают относительно устойчивую линию развития, а хаос характеризует периоды и процессы перестройки структур, но не «взрывает» их. Хаос как бы раскачивает старые структуры, делая их способными к трансформациям. Познание реальных систем всегда основывается на определенном «сочетании», синтезе хаоса и порядка.

Нелинейность порождает более широкий взгляд на устройство и эволюцию мира. Она включает в себя анализ качественных преобразований в процессах эволюции. На этих путях стала разрабатываться теория катастроф как «универсальный метод исследования всех скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений»<sup>65</sup>. Практически любая область исследований ныне активно овладевает нелинейным мышлением. Вместе с тем на путях решения нелинейных задач встают громадные трудности. Рассматривая эти вопросы, М. Бунге однажды заметил: «Факт, что нелинейные теории редки, является не столько особенностью природы, сколько признаком младенчества нашей науки»<sup>66</sup>.

Методы исследования проблемы нелинейности направлены на раскрытие и постижение феномена сложности. Сложность, как она предстает перед современной наукой, неотделима от нелинейности. Представления о нелинейности сопряжены с такими понятиями, как неустойчивость, бифуркации, многовариантность путей развития, самоусиление процессов. Весьма существенно подчеркнуть, что обогащение представлений о нелинейности ведет к дальнейшему раскрытию «внутреннего мира» исследуемых объектов и систем. Правда, параллельно существенно повышается сложность самих решаемых в исследовании задач, что требует дальнейшего обновления и развития инструментария науки.

#### 4. 3. Сложность атакуют компьютеры

Рассматривая развитие основ научного метода, мы начали обсуждение того, какие же преобразования в научном методе, его структуре происходят в настоящее время. В современной науке зарождаются и действуют весьма многие конкретные методы исследований, но если подходить к преобразованиям научного метода с обобщенных позиций, то наибольшие изменения в его структуре обязаны компьютерам, их властному вхождению в научные исследования. Компьютеры являются величайшим и все совершенствующимся орудием, которое создано человеком в его стремлении развивать и преобразовывать формы своей жизнедеятельности. Особо сильно воздействие компьютеров на развитие познания. Можно сказать, что само появление компьютеров произошло под воздействием поисков средств решения все усложняющейся практики познания. Современные исследовательские задачи необычайно сложны уже по самой своей постановке — они требуют учета взаимодействия между массой параметров, причем сами эти зависимости весьма и весьма разнообразны как по форме, так и по относительной значимости. Соответственно, основу современных методов исследования необходимо, прежде всего, связывать с разработкой средств преодоления и выражения этих новых видов сложности. И весьма примечательно, что о новых видах сложности, способах ее анализа и выражения серьезно заговорили потому, что стали вырабатываться действенные

<sup>65</sup> Арнольд В. И. Теория катастроф. М., 1990. С. 7.

<sup>66</sup> Бунге М. Причинность. М., 1962. С. 196.

методы постижения этой сложности. Возможность становления новых методов обязана появлению компьютеров и их применениям. В настоящее время невозможно представить развитие таких фундаментальных направлений исследования, как познание материи вглубь, развитие геофизики и космологии, проникновение в тайны живого — практически всех ведущих направлений исследования вне применения компьютеров. Соответственно встает вопрос, а какие же изменения внесли компьютеры в наше понимание основ научного метода?

Воздействие компьютеров на научное познание многопланово. Преобразования касаются и экспериментального, и теоретического аспектов познания, и эти преобразования обусловлены переходом современной науки к исследованиям сложных и сложноорганизованных систем. При рассмотрении этих вопросов особое внимание обращают прежде всего на процессы активной автоматизации как экспериментальных, так и теоретических исследований. Экспериментальные устройства стали работать в сопряжении с компьютерами, что приводит к резкому сокращению сроков проведения циклов экспериментального анализа и обработки результатов экспериментов. Само выявление и регистрация новых свойств материальной действительности в эксперименте становятся невозможными без привлечения компьютеров. Значимость последних в современном эксперименте столь велика, что родилась крылатая фраза: «Исследователь наших дней рассматривает белковую молекулу „через компьютер“, подобно тому, как ранее он рассматривал клетку через микроскоп». Неоценима роль компьютеров в современных генетических исследованиях. Компьютеры повысили «разрешающую силу» человеческого мозга, они становятся все более активными участниками научного поиска. Происходит совершенствование самих способов и форм теоретического воспроизведения действительности, совершенствование языка ее теоретического описания. Последнее непосредственно связано с тем, что развитие и применения компьютеров сопровождается, дополняется и обуславливается становлением и развитием обширного комплекса дисциплин, в число которых входят программирование, теория алгоритмов, абстрактная теория автоматов, исследование операций, системный анализ и ряд других. Эти дисциплины выражают принципы строения и функционирования компьютеров, принципы построения, анализа и решения соответствующих исследовательских задач.

Следует специально добавить, что ныне компьютеры обеспечивают решение нового и преобладающего класса задач, о котором говорилось ранее — нелинейных задач. Проводятся подобные вычисления при помощи компьютеров и эти вычисления характеризуются своими трудностями и представляют собою своего рода искусство. Все это наложило отпечаток и на дальнейшие «приложение» компьютеров в научном познании. В настоящее время все более настойчиво говорят о становлении вычислительных наук, прежде всего — вычислительной физики. Вычисления стали рассматриваться как самостоятельный компонент научного метода, как могущественный посредник во взаимоотношениях теории и эксперимента, что можно считать первым важнейшим теоретико-познавательным итогом вхождения компьютеров в процессы познания. Как высказался Ян Хакинг: «Величие науки заключается в том, что она есть сотрудничество между различными типами исследователей: теоретиками, вычислителями и экспериментаторами»<sup>67</sup>.

Рассмотрим исходную компьютерную постановку исследовательской задачи, так сказать технологический цикл вычислительного анализа. Основу здесь составляет разработка базисной математической модели исследуемого процесса (явления, объекта, системы). Конструирование этой модели проводится усилиями специалистов, знающих данную предметную область. Вначале разрабатывается достаточно простая модель, но по мере углубления исследований модель усложняется, в ее структуру включаются новые

<sup>67</sup> Хакинг Ян. Представление и вмешательство. М., 1998. С.162.

параметры, выражающие все более утонченные, свойства исследуемых процессов. разработка модели опирается на знание законов, «управляющих» исследуемым процессом, и выражается на математическом языке, прежде всего — в форме математических уравнений. Эта деятельность исследователя представляет собою собственно теоретическую — здесь суммируются, интегрируются, систематизируются; добытые знания об объекте исследования.

После того как выработана модель исследуемого процесса, вступает в действие ее количественный обсчет, разработка вычислительного алгоритма. Весьма существенно, что для одной и той же задачи можно предложить множество вычислительных процессов и встает вопрос об их качестве, об их относительной ценности. Эти вопросы составляют предмет теории численных методов раздела математики, который стал интенсивно развиваться с появлением компьютеров. Общей целью теории численных методов является разработка эффективных вычислительных средств. Соответственно получили развитие теория алгоритмов и программирование. Реализация самого вычислительного процесса — дело программирования, которое сложилось в самостоятельную науку со своими задачами и методами. Разработка теории алгоритмов и программирования образуют собственно вычислительные процессы, которые составляют самостоятельную предметную область научной деятельности. Можно, конечно, сказать, что вычислительные процессы представляют собою развитие теоретического начала, развитие теоретического анализа, исходящего из построенной математической модели. Однако при таком подходе следует добавить, что вычислительные процессы в силу обратных связей воздействуют на разработку математических моделей, что составляет ядро собственно теоретического анализа реальности.

В результате проведенных вычислительных действий приобретает определенная цифровая информация, которая подлежит расшифровке. Весьма интересно, что исследователи, работающие на компьютере, подходят к анализу получаемых численных результатов, как подходит экспериментатор к рассмотрению серии наблюдений. Только если в реальном (натурном) эксперименте исследователь имеет дело непосредственно с самой природой, то в вычислительном эксперименте информация относится к математической модели и исследуются различные варианты ее поведения. К реальному экспериментальному исследованию полученная цифровая информация относится весьма опосредованно. Вычисления и их результаты как бы располагаются между собственно теорией и собственно экспериментом. На основе анализа этих результатов можно уточнить, сделать более адекватной реальности математическую модель. «Вычислительный эксперимент, — отмечают Ю. П. Попов и А. А. Самарский, — это не просто расчет. Его существо — экспериментирование с математической моделью, варьирование параметров, „проигрывание" с помощью модели самых разных ситуаций, может быть пока и „безумных" с позиций сегодняшних представлений о явлении»<sup>68</sup>.

Вычислительные процессы и их результаты своеобразным образом характеризуют реальные процессы. Поскольку модели практически всегда содержат нечто такое, что не учитывалось при их разработке, то анализ соответствующей цифровой информации приводит к раскрытию новых свойств анализируемых процессов. Так, широко известно открытие вычислительными методами Т-слоя в физике плазмы. Более того, на основе таких методов возможны исследования реальных процессов в таких условиях, где реальные эксперименты практически невозможны. Можно также добавить, что на базе вычислительной науки строятся предвидение, прогноз протекания исследуемых процессов.

---

<sup>68</sup> Попов Ю. П., Самарский А. А. Вычислительный эксперимент // Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. М., 1988. СС. 58 - 59.

Сказанное позволяет суммировать те преобразования в основах научного метода, которые вызваны становлением вычислительных процедур на базе компьютеров. Эти преобразования выражаются прежде всего в появлении могущественного «посредника» во взаимоотношениях эмпирического и теоретического начал познания, и этим посредником является вычислительный анализ на базе компьютеров математических моделей исследуемых объектов и процессов. Вычисления стали практически рассматриваться как самостоятельное начало познания. Анализ как экспериментальных данных, так и теоретических построений становится неполным, если он не включает в себя анализ результатов вычислительных процессов. Анализ экспериментальных данных связан с заданием и вариациями начальных условий при расчете математических моделей. Разработка и уточнение исходных, базовых теоретических построений также опираются на результаты соответствующих вычислительных процессов. Компьютерные модели внутренне весьма динамичны и достаточно полно замещают реальность, представляют ее в конкретных исследованиях. Соответственно и стали говорить о вычислительном эксперименте и о вычислительных науках (особо — о вычислительной физике).

Основное воздействие компьютеров на развитие научного метода, повторим, заключается в развитии методов моделирования — моделирование приняло новые, более обобщенные формы. Модели приобрели, с одной стороны, высокоабстрактные идеализированные формы своего построения, а, с другой стороны, также весьма существенно, что вместе с развитием абстрактных форм развивается и перцептивный аспект моделей. Модели становятся эмоционально насыщенными, а чувственные данные как бы накладываются на абстрактные построения. Модели стали включать данные непосредственных восприятий реальности субъектом познания, что делает объекты исследования более осязаемыми. Восприятия представляют чувственно целостный образ фрагментов действительности, и их вхождение в структуру моделей позволяет полнее познавать действительность. В ходе такого комплексного моделирования приобретают важнейшее значение перцептивные образы и представления.

Компьютерная модель в концептуальном плане выражает собою остов, каркас исследуемых сложных и сложноорганизованных систем и процессов. Связь этого каркаса с реальным описанием действительности далеко не однозначна. Здесь можно провести прямую аналогию с простейшими видами математического моделирования, с исследовательским процессом в рамках фундаментальной научной теории. Как отмечалось выше, процесс познания в этих случаях «распадается» на разработку основных законов исследуемых процессов и на задание соответствующих начальных условий. Законы науки выражают собою общее в рассматриваемом классе явлений или процессов, т. е. допускают массу конкретных проявлений или реализаций. Начальные условия выделяют из массы возможных проявлений вполне определенный экземпляр, что обеспечивает решение конкретной задачи. Компьютерные, информационные модели также характеризуют массу возможных реализаций, а задание начальных условий здесь приобретает важную специфику. Начальные условия стали включать в себя не только данные об исследуемом объекте в некоторый момент или интервал времени, но и достаточно подробные данные об окружении этого объекта, о среде его обитания. Более того, эти изменения в формах задания начальных условий стали включать в себя и чувственно воспринимаемую компоненту. Как и в случаях математического моделирования простых систем, реальное познание сложных систем можно представить как основанный на эмпирических данных выбор одной из реализаций исследуемого бытия. Палитра таких возможностей весьма богата. Эмпирическая компонента познания сопряжена с проблемой восприятия. Восприятие, как уже отмечалось, есть предпосылка жизнедеятельности человека, отражает непосредственный контакт человека с окружающим его миром, регулирует отношение организма с этим миром. Восприятия представляют чувственно целостный образ фрагментов действительности, при этом

чувственные данные как бы накладываются на данные законов науки. Вхождение компьютеров в познание существенно обогатило наши формы восприятия действительности — мир моделей приобрел активные формы своего проявления, включая и перцептивные аспекты.

Развитие компьютерного моделирования породило своеобразные представления о виртуальности, разработка которых сопряжена с раскрытием природы научного метода. Этимологически первоначально виртуальность трактовалась просто как возможность тех или иных событий и отношений. Быть в виртуальном состоянии — значит существовать в возможности. Выше мы отмечали, что наука изучает мир через призму возможностей. Такова природа научных законов — они не замыкаются на изучении индивидуальных, отдельных объектов и процессов, а раскрывают поле возможностей, на базе которых и происходит проникновение в конкретные явления. Это проникновение строится на базе анализа экспериментальных данных, в качестве которых выступает прежде всего задание начальных условий.

Со временем представления о виртуальности обогащались. Так, в физике микромира были выработаны представления о виртуальных частицах как о промежуточных частицах во взаимодействиях реальных элементарных частиц, как о частицах-посредниках, обладающих своеобразными соотношениями между их массой, энергией и импульсом. Компьютеры породили всплеск интересов к проблеме виртуальности. Соответственно, этот интерес к проблеме виртуальности следует рассматривать в ее связи с особенностями постановки, анализа и решения исследовательских задач с помощью компьютеров.

Поскольку основное воздействие компьютеров на процессы познания заключается в развитии методов моделирования, то естественно предположить, что идея виртуальности в ее современном исполнении непосредственно соотносится с особенностями информационного, компьютерного моделирования реальных процессов. Простейшие компьютерные модели соотносятся с процессами вычислений, которые выступили как самостоятельный компонент научного метода. Самостоятельную значимость приобрели и соответствующие модели реальности — они выступили как посредник между теорией и экспериментом, на которого можно воздействовать, познавая его свойства и поведение. Вычислительные модели представляют, замещают «истинную» реальность и в то же время анализ их поведения выступает как предпосылка исследований этой реальности. Тем самым вычислительные модели можно рассматривать как виртуальную реальность, наличие которой позволяет более глубоко и полно познавать исследуемые процессы.

Для компьютерного моделирования весьма существенно, что как вычислительные процедуры, так и оперирование информационными моделями происходит на базе компьютеров. Исследования проводятся в режиме диалога «человек — компьютер». Меняются наши взаимоотношения с миром компьютеров. Складывается, как говорят, объектно-ориентированное взаимодействие с компьютером, суть которого состоит в том, что работа человека с компьютером представляется как прямое воздействие на некий объект, информационно заданный машиной. При этом весьма важны формы воспроизведения объекта и соответствующей информации. Исследуемый объект высвечивается на дисплее, и на него можно воздействовать соответственно тем условиям, в которых он находится. Информация становится системно организованной и может подаваться либо в графической, либо в структурно-текстовой форме. Человек погружается в мир объекта исследования и его окружения, и исследователь ощущает себя как действующий в этом мире. Реальный мир предстает как мир, с которым имеет дело исследователь, находящийся за пультом компьютера. Другими словами, включение компьютеров в структуру методов познания сопряжено с выработкой нового видения мира, новых форм и языка науки, более приспособленных для отображения внутренней структуры и динамики материального мира. Вырабатываются строгие формы познания,

ориентированные на раскрытие внутренних свойств, структуры и поведения сложных и высокоорганизованных систем. Идет интенсивная разработка и экспликация понятий и характеристик, связанных с обогащением и развитием наших представлений об уровнях строения и детерминации сложных систем, о высоте их организации, природе внутренней активности, избирательности, целенаправленности и эффективности функционирования. Компьютеры олицетворяют научное действие в наиболее развитых и интересных случаях. В свое время К. Маркс, по свидетельству П. Лафарга, считал, что «наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой»<sup>69</sup>. В наше время эту мысль можно обобщить и сказать, что современная наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться не только математикой, но и компьютерами. Разработка компьютеров предъявляет новые требования ко всей организации научной работы. Ставится и решается задача повышения эффективности качества научного поиска путем непосредственного включения компьютеров во все его стадии. В дополнение к ранее изученным закономерностям познания ставится задача анализа самого процесса научного исследования в целом, его элементов, организации, направленности; и оптимизации. В литературе выделяются и анализируются следующие его этапы: формулировка цели, поиск и обзор литературы, теоретический анализ и моделирование исследуемого процесса, планирование и подготовка эксперимента, управление процессом экспериментирования и проведения измерений, обработка, обобщение и представление экспериментальных данных, интерпретация результатов и формулировка выводов, анализ новых возможностей и перспектив, открывающихся на базе проведенного исследования. Эти этапы в конкретных исследованиях могут перекрываться, повторяться, выполняться параллельно. В настоящее время признается, что многие, а то и большинство из упомянутых этапов поддаются автоматизации, могут быть переданы в той или иной мере компьютерам. Действия же исследователя определяют содержание тех стадий, которые заключают в себе наибольший внутренний эвристический заряд: выбор задачи и формулировка цели, разработка модели, интерпретация результатов, определение дальнейших возможностей и перспектив. Конечно, границы подобного разделения труда во многом размыты и подвижны. Необходимо также специально подчеркнуть, что применения компьютеров не протекают автоматически и одних их далеко не достаточно. Последнее хорошо разъясняет аналогия с математикой. Современное познание немислимо без математики и в то же время одна математика бессильна в развитии познания. Математика дает плодотворные результаты лишь в союзе с конкретными науками, в синтезе с идеями и представлениями механики, физики, химии, биологии, социальных наук. Аналогичным образом и компьютеры обеспечивают научный прогресс не сами по себе, а в союзе со специальными научными дисциплинами, которые «поставляют» содержательные идеи и представления.

Вхождение компьютеров в познание и вызванные этим радикальные преобразования в научном методе дали основание говорить о компьютерной революции в науке. Встает вопрос, а какие же последствия в широком философско-методологическом плане может вызвать эта революция? С какой еще научной революцией в этом плане ее можно сравнить? На наш взгляд, компьютерную революцию следует сравнивать прежде всего с научной революцией XVII-го века, которая ознаменовала становление опытной науки. В основе этой революции лежало вхождение в исследования процедур измерения, что привело к вхождению в познание и выработке представлений о научных теориях, в основе которых лежат системы математических уравнений. Признание же машинного моделирования как ведущего в структуре научного метода ведет к дальнейшим преобразованиям самих форм выражения знаний: знания стали выражаться в «компьютерной форме», а исследования

<sup>69</sup> См.: Воспоминания о Марксе и Энгельсе. М., 1956. С. 66.

---

стали включать в себя диалог «компьютер — исследователь». Соответственно, изменяются как язык науки, так и само видение мира.