

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ В СТРУКТУРАХ РАЗВИТИЯ

Обосновывается ведущая роль фундаментальных наук в развитии сложных динамических систем. Вместе с тем показано, что и сами представления о фундаментальности претерпевают изменения в процессе этого развития. В настоящее время источниками этих изменений являются разработка общих проблем управления в сложных системах и проникновение познания на наноуровень.

Ключевые слова: фундаментальное, прикладное, жесткая детерминация, вероятность, независимость, динамические системы, наноуровень.

Фундаментальное и прикладное

Научные исследования, развитие науки носят весьма сложный характер. Последнее обусловлено не только тем, что в исследованиях непрерывно втягиваются разнообразные новые области бытия и практической деятельности человека, но и глубиной проникновения в структуру проводимых исследований и обогащением научного метода. Наука не однородна по своей структуре и содержит различные разделы. Последнее особо проявляется в том, что научные исследования делятся на фундаментальные и прикладные. При характеристике таковых в качестве исходных можно признать формулировки, высказанные Д. И. Блохинцевым: «Фундаментальная наука сосредоточивает свои усилия на выяснении основных законов, основных принципов Природы... Наука прикладная ставит перед собой задачу решения определенной технической проблемы обычно в непосредственной связи с материальными интересами общества. При решении такого рода задач прикладная наука, как правило, опирается на закономерности, установленные наукой фундаментальной» [Блохинцев, 1976. С. 4–6].

Деление науки и научных исследований на фундаментальные и прикладные имеет принципиальный характер – оно непосредственно связано с раскрытием источников и направленности развития науки. Анализ места и роли фундаментальных и приклад-

ных исследований в структуре научного познания, особенностям их взаимодействия посвящена значительная литература. При характеристике различий между ними нередко обращают внимание на наличие внешних проявлений этого различия. Одно из таковых видят в различии между университетским образованием и высшим образованием, даваемых в институтах специального технологического профиля. Фундаментальные исследования нередко называются поисковыми, и отмечается, что в процессе этих исследований происходят не столько применение и модернизация устоявшихся специализированных методов, сколько разработка существенно новых. Фундаментальными знаниями считают медленно стареющую часть научной информации. За рубежом фундаментальную науку часто называют «чистой». Последнее нашло свое закрепление и в названиях научных союзов: ИЮПАП – Интернациональный союз чистой и прикладной физики, ИЮПАК – Интернациональный союз чистой и прикладной химии и т. п. Происхождение термина «чистый» несколько претенциозно, практически здесь имеются в виду научные исследования, независимые от практицизма и меркантильности. Несомненно, что под фундаментальными исследованиями имеют в виду ту ветвь в научных исследованиях, которая не стимулируется непосредственными запросами решения задач, поставленных в ходе развития производства и обще-

ственной практики. Соответственно этому полагают, что фундаментальные исследования развиваются прежде всего в силу внутренней логики развития науки и нацелены на анализ и решение наиболее существенных проблем, встающих в ходе развития познания.

Фундаментальные и прикладные исследования не просто соседствуют одно с другим, а определенным образом взаимодействуют и взаимодополняют друг друга, что имеет различные последствия. Любое взаимодействие характеризуется внутренними и внешними аспектами. Если в процессе познания основное внимание обращается на внутренние интересы познания, на раскрытие и обогащение основных закономерностей исследуемых объектов и систем, на процессы совершенствования методов научного познания, то мы имеем дело с фундаментальной составляющей познания. Если же мы имеем дело с простым применением сложившихся закономерностей к новым областям действительности, с овладением внешними составляющими познавательного процесса, то мы имеем дело с прикладными исследованиями. Важно отметить, что прикладные исследования носят исследовательский характер. «В наше время, нам кажется, – отмечает Е. Л. Фейнберг, – можно говорить о расцвете особой стадии в научно-технической исследовательской цепи, промежуточной между фундаментальной наукой и прямым техническим (научно-техническим) внедрением. Именно на этом, можно полагать, основано большое развитие работ, например, по физике твердого тела, физике плазмы и квантовой электронике. Исследователь, работающий в этой промежуточной области, – подлинный физик-исследователь, но он, как правило, сам видит в более или менее близкой перспективе конкретную техническую задачу, для решения которой инженером-исследователем он и должен создать основу». При этом Е. Л. Фейнберг обращает внимание на то, что такой расцвет в прикладных науках в ряде отношений меняет «всю панораму науки» [Фейнберг, 1983. С. 52].

Реальные процессы научных исследований и каждое отдельное исследование практически всегда включают и фундаментальную и прикладную компоненты познания. Какую же роль играет каждая из этих ком-

понент в реальном познании, как это проявляется в структуре теоретических систем? Поскольку фундаментальные науки определяются как изучение и анализ основных принципов и основных законов строения и развития материальной действительности, то это имеет громадные последствия. Фундаментальные науки дают прежде всего точку опоры для развития познания. Тем самым подчеркивается, что внутренняя структура знаний развивается вместе с развитием познания. В этой связи отметим, что наука XX в. весьма существенно отличается от науки XVII в. не только по содержанию, но и по формам своего выражения. Добавим еще, что фундаментальные науки служат также делу постановки и обоснования новых исследовательских задач и их решений, вскрывают место отдельных исследований в общей системе знаний. Тем самым исследовательский процесс включает в себя разнообразные пути и методы овладения новым материалом. Последнее подкрепляется тем, что именно на базе фундаментальных наук вырабатываются научные картины мира и стиль научного мышления. Решая исследовательские задачи, фундаментальная наука постоянно заботится о совершенствовании внутреннего мира самой науки. Прикладные исследования ориентированы на внешние проявления процесса познания, на овладение ранее разработанными методами для анализа нового конкретного материала. Соответственно можно сказать, что прикладные исследования характеризуют тот комплекс знаний, который окружает постановку фундаментальных исследований, но от которого отвлекаются (абстрагируются) в реальном процессе исследования. Тем самым исследовательский процесс включает в себя разнообразные пути и методы действия.

Поскольку фундаментальные науки образуют основу, «фундамент» познания, то преобразования в них, разработка новых фундаментальных наук зачастую характеризуются как научные революции. Соответственно происходит становление новой базовой системы понятий, которые и определяют новое видение мира, видоизменяют и совершенствуют основные методы исследований. Особое внимание ныне обращается на раскрытие существа и значимости проникновения науки на наноуровень структурной организации материи. Происходящие преобразования в развитии познания

опираются прежде всего на понятия наночастицы и нановзаимодействия. К ним прилегают понятия, которые выступают как обобщение квантово-механического видения мира. Таковыми являются понятия уровней структурной организации, информации, цели и целенаправленности, внутренней активности систем, управления, иерархии и ряд других. Соответственно этому и утверждают, что идея «нано» олицетворяет собою новую научную революцию – нанореволюцию. В этой связи интересно высказывание В. Л. Гинзбурга по отношению к трактовке понятия научной революции в физике. «Если и будет целесообразно и уместно говорить о новой революции в физике, то нужно будет ясно подчеркнуть ее радикальное отличие от предыдущих революций не только по содержанию (это само собой разумеется), но и по форме, характеру, законам развития». Иначе наши представления о закономерностях развития знаний будут «довольно унылыми» [Гинзбург, 1983. С. 106].

Специфика новой научной революции соотносится с системой специализированных понятий, но эта система особая и, следует сказать, незавершенная. В общей системе нанопонятий еще не выработаны логически целостные и непротиворечивые базовые модели наподобие тех, которые представлены вероятностными распределениями в статистической физике и уравнением Шредингера в квантовой теории. Разработка соответствующей относительно целостной и логически замкнутой базовой модели познания образует одну из важнейших задач развития наноисследований.

Жесткая детерминация

При рассмотрении проблем развития фундаментальных наук необходимо исходить из анализа данных истории познания и прежде всего – из данных истории естествознания как наиболее развитой области познания действительности. Становление естествознания привело к существенному обогащению наших взглядов на процесс познания. В основе анализа стали рассматриваться научные теории как наиболее полные и логически целостные формы выражения знаний. В ходе становления естествознания исходные представления о природе фундаментальной науки и ее роли в познании

опирались на классическую механику, ее идеи и методы. На базе механики строилось познание не только механических систем, но практически всех иных, вплоть до социальных. Признание того, что механика лежит в основе познания разнообразных областей действительности, дает основание характеризовать ее как теорию фундаментального порядка. За это же говорит и то, что именно на базе механики были разработаны первоначальные представления о научной картине мира, стиле научного мышления, научной парадигме. Соответственно этому можно утверждать, что понятие фундаментальности в ходе становления естествознания прямо соотносилось с законами механики и ее базовыми понятиями.

Рассматривая механику как первую строго оформленную и логически целостную научную теорию фундаментального порядка, выражающую становление естествознания, необходимо раскрыть особенности ее построения. Поскольку основной характеристикой научной теории является ее структура, то характеристику фундаментальности необходимо соотносить с анализом структуры классической механики. Структура же теоретических систем выражается через задание основных, исходных, базовых понятий и законов (уравнений) взаимосвязи между ними. Исторически, при обсуждении этих вопросов основное внимание уделялось проблемам взаимосвязи и взаимодействия в рассматриваемых системах. Было широко признано, под влиянием механики, что все взаимосвязи и взаимодействия, характеризующие рассматриваемое явление, носят строго однозначный характер. Если анализируются параметры некоторого отдельного объекта или системы, то все связи между ними имеют строгое, взаимно однозначное соответствие. Если речь идет о количественных изменениях значений параметров, то эти 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 познания строгой однозначности во всех рассматриваемых взаимосвязях, нельзя говорить о познании соответствующих явлений. Более того, с точки зрения рассматриваемого подхода 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 явлениях, либо с подходом к истине, но еще не владем самой истиной.

По мере развития механики развивались и наши представления о том, что означает реальное понятие фундаментального в структуре познания. Согласно сложившимся представлениям проблема фундаментальности соотносится с раскрытием строения современного познания. Предполагается, что знания состоят из отдельных уровней, которые не просто сосуществуют, а определенным образом взаимодополняют и взаимообуславливают друг друга. В тех случаях, когда некоторые знания дают не просто информацию об исследуемых областях действительности, но служат и делу обоснования таковых, эти знания и характеризуются как имеющие фундаментальный характер. Соответственно анализ процессов развития познания следует проводить на языке системных исследований. В этой связи интересно отметить, что в XX в. резко возрос интерес к основам системных исследований и стали говорить о «фундаментальной перероентации научного мышления» [Бергланфи, 1969. С. 32]. Соответственно можно утверждать, что представления о фундаментальном характеризуют исходный, базовый уровень организации знаний. При рассмотрении классической механики исходный, базовый уровень представлен законами динамики, которые и выражают фундаментальное знание. Структура же механики, как отмечалось, соотносится со строгой однозначностью во всех рассматриваемых взаимосвязях. Если в процессе познания не раскрыт однозначный характер взаимосвязей в исследуемых явлениях, то нельзя говорить, на базе механики, об их познании и, следовательно, о познании фундаментального.

Подобная характеристика структуры механики вытекает и из анализа особенностей взаимодействий тел в механике. Весьма существенно, что здесь фактически исходят из признания того, что любые изменения в поведении объектов и систем целиком и полностью определяются внешними воздействиями, внешними условиями. Следует

отметить, что не только поведение тел в механике определяется внешними воздействиями, но и сами свойства тел в рамках механики определяются на основе внешних воздействий самих тел. Более того, то обстоятельство, что познание начинается с констатации внешних проявлений свойств исследуемых объектов, вызываемых внешними воздействиями на них, можно квалифицировать как один из важнейших законов познания. Подобным образом строится и исходная, базовая модель механики, в качестве которой выступает динамика материальной точки. Из этой модели следует, что как поведение рассматриваемого объекта, так и характеризующие его понятия определяются через внешние обстоятельства, через внешние воздействия. Проблеме роли и значения внешних воздействий в развитии познания значительное внимание уделял М. Бунге: «...Действующая причина является *внешним* принуждением; отсюда существенный признак (действующей) причинности – это ее внешний характер» [Бунге, 1962. С. 202]. Проблеме внешних воздействий противостоят представления о внутренних силах, которые характеризуют поведение и свойства высоко организованных систем. Представления о внешней детерминации, будучи распространенными на всю Вселенную, приводили к представлениям о великом часовщике или первотолчке. Другими словами, только внешняя по отношению ко всей Вселенной сила может привести ее в движение и производить в ней изменения.

Доктрина внешних причин имеет весьма существенные иные проявления. Она фактически рассматривает соответствующие объекты и тела как пассивные, инертные образования, не имеющие активного начала в самих себе. Тела лишь воспринимают внешние воздействия, но не являются причинами своих изменений. Такой общий подход к раскрытию природы причинных воздействий широко просматривается в истории науки и философии. Так, широко известно перипатетическое изречение: «Все, что движется, движется чем-то другим». Картина мира, разработанная на базе классической механики, практически наследует такой взгляд на причины изменений в движении материальных тел. Вместе с тем следует отметить, что в истории науки и философии также широко представлены и иные

идеи, признающие внутреннюю активность и самодвижение материи. Такие взгляды уже представлены в античном материализме, в частности – в представлениях о спонтанных отклонениях атомов в их движении. Это же направление мысли представлено в трудах Бруно и Спинозы. Последний ввел действующую внутреннюю причинность, что получило свое развитие в представлениях Лейбница о монадах. Дальнейшую разработку эти идеи получили в философии Гегеля и Маркса.

Абсолютизация действия внешних причин подвергалась критике и в развитии самого научного познания, прежде всего – естественнонаучного. Здесь следует обратить внимание на проблемы инерционного движения. В процессе инерционного движения тел происходят изменения их состояний, хотя на них не действуют в это время никакие внешние силы. В этом случае исходят из представлений о связи состояний. Некоторое начальное состояние тела выступает как причина его последующих состояний.

В настоящее время достаточно ясно, что познание реальных взаимодействий всегда опирается на анализ взаимодействий внешних и внутренних причин. «Материальные предметы на всех уровнях организации, – отмечал М. Бунге, – все более и более рассматриваются как сущности, имеющие собственную активность, обусловленную, но не полностью детерминированную окружающей их средой. В возрастающей степени, хотя и не сознательно, признается диалектический тезис, что ничто не изменяется исключительно под давлением внешнего принуждения, а все конкретные предметы вместе со своими собственными внутренними процессами принимают участие в непрекращающемся изменении материальной вселенной» [Бунге, 1962. С. 207].

Представления о внутренних причинах изменения поведения объектов и тел получали свое обоснование в ходе познания живых систем. Наличие внутренней активности, внутренних причин, характеризующих поведение живых систем, является одной из определяющих их особенностей. Развитие этой идеи по отношению к обществу привело к представлениям о свободе как условии развития и человека, и общества.

Интересно также отметить, что при анализе практически любых материальных сис-

тем и процессов прежде всего обращают внимание и учитывают действие внешних факторов на исследуемые системы. Такую ситуацию мы наблюдаем и при анализе эволюционных процессов. «Если на начальных этапах своего возникновения живые существа были в полной власти случайных изменений внешних факторов, – отмечал И. И. Шмальгаузен, – то все их дальнейшее развитие состояло в постепенном освобождении от этой зависимости. Оно выражалось в их самоопределении как некоторых, до известной степени свободных, носителей жизни, обладающих своей формой (величиной, структурой), своими функциями. Влияние внешних факторов ближайшего окружения вводилось постепенно в определенное русло. Они преобразовывались в организме вследствие его специфических ответных реакций» [Шмальгаузен, 1968. С. 14].

Подытоживая все сказанное в этом параграфе, можно утверждать, что представления о фундаментальном в процессе становления естествознания соотносились с основными закономерностями, свойственными классической механике. При этом весьма существенно учитывать, что сами исходные понятия, выражающие эти закономерности, относятся к одному структурному уровню, логически характеризующему как необходимые. Фундаментальные закономерности в структуре механики представлены законами динамики материальной точки. Именно эти закономерности лежат в основе обоснования различных процессов в области механики. Можно сказать, что понятия строгой однозначности и внешних воздействий символизируют собою закономерности жесткой детерминации. С развитием познания эти представления все больше вскрывали и свою ограниченность. Фундаментальные знания приобретали новые формы своего выражения.

Вероятность и независимость

Базовая модель познания, характеризующая концепцию жесткой детерминации, уже давно выявила свою ограниченность. На смену этой модели пришла идея вероятности, модель вероятностного мира. Вероятность лежит в основе разработки таких направлений исследований, как классическая статистическая физика, генная теория и

квантовая теория. Весьма существенно, что эти направления исследований олицетворяют проникновение науки во внутреннюю структуру соответствующих объектов исследования. Разработка статистической физики ознаменовала окончательное утверждение в науке физического атомизма – были получены непосредственные доказательства реальности атомов и первые данные о параметрах их структуры. Можно сказать, что именно вероятность утвердила в науке представления об атоме и вывела его на орбиту прямых физических исследований. Тем самым стали возможными исследования структуры и свойств вещества.

Включение вероятности в структуру научных исследований привело физику в начале XX в. к новому грандиозному прорыву в глубь материи – в структуру атома и атомных процессов, а затем – и в мир элементарных частиц. Эти знания воплотились в квантовой теории, разработка которой преобразовала всю картину мира. Не менее грандиозное значение имеет вероятностная идея и в развитии биологии, ее основополагающих теорий о строении и эволюции живого. Особое значение имеет разработка генной теории, законы которой в своей основе являются вероятностными и выражают проникновение исследований живого в интимные механизмы процессов наследования. В ходе разработки генной теории происходит не только применение, но и совершенствование методов теории вероятностей как математической дисциплины. Можно даже сказать, что именно вероятностный подход навел представления о генах как дискретных единицах наследственности. Сказанное означает, что идея вероятности неотделима от революционного проникновения науки во внутренние структуры материи. Соответственно, вероятность выражает собою особый вид базовой модели познания и ее вхождение в познание ведет к изменениям в наших представлениях о фундаментальном и его формах выражения.

Чтобы раскрыть особенности, новизну вероятностной базовой модели познания, необходимо исходить из анализа предмета теории вероятностей и оснований ее важнейших приложений. Теорию вероятностей обычно определяют как математическую науку о закономерностях массовых случайных событий. Важнейшими, исходными приложениями теоретико-вероятностных

методов являются системы идеального газа. Соответственно ключ к раскрытию природы вероятности – в особом системном видении мира, его строения и эволюции, что видоизменяет сами формы выражения и организации знаний. Отсюда заключают, что базовой вероятностной моделью является модель систем, образованных из независимых или квазинезависимых сущностей. В анализе существа этой модели первостепенное значение приобретает раскрытие содержания представлений о независимости и оснований целостных характеристик таких систем. Представления о независимости выражают взаимоотношения между элементарными сущностями вероятностных систем. Эти взаимоотношения между элементарными сущностями таковы, что они не зависят друг от друга, их свойства и поведение взаимно не коррелируемы. Довольно часто эти взаимоотношения определяются через категорию случайности, однако наиболее полно их содержание раскрывается через представления о независимости. На эти вопросы обращается внимание в основополагающих трудах и руководствах по теории вероятностей. Современное ее математическое построение дается в аксиоматической форме, что во многом и решающим связывается с именем А. Н. Колмогорова. В своем основополагающем труде (1933 г.) А. Н. Колмогоров подверг специальному анализу понятие независимости. «Понятие независимости двух или нескольких опытов, – отмечал он, – занимает в известном смысле центральное место в теории вероятностей» [Колмогоров, 1974. С. 17]. И далее: «Исторически независимость испытаний и случайных величин явилась тем математическим понятием, которое придало теории вероятностей своеобразный отпечаток... Если в новейших исследованиях... часто отказываются от предположения полной независимости, то оказываются принужденными для получения достаточно содержательных результатов ввести аналогичные ослабленные предположения... Мы приходим, следовательно, к тому, чтобы в понятии независимости видеть по крайней мере первый зародыш своеобразной проблематики теории вероятностей...» [Там же. С. 18]. И наконец: «...Одной из важнейших задач философии естественных наук, после разъяснения пресловутого вопроса о сущности самого понятия вероятности, является выяснение и

уточнение тех предпосылок, при которых можно какие-либо данные действительные явления рассматривать как независимые...» [Колмогоров, 1974. С. 19]. Э. Борель, один из страстных приверженцев вероятностной идеи, однажды заметил, что «бесполезно продолжать исследование теории вероятностей, если вы не имеете точного понимания понятия независимости» [Borel, 1948. P. 15]. Сказанное выше позволяет заключить, что понятие независимости носит категориальный характер.

Вместе с тем в философии проблеме независимости практически не уделялось специального внимания. По-видимому, многими считалось и считается, что в науку независимость входит лишь со знаком минус. Делая упор на познание закономерностей, устойчивых зависимостей и регулярностей, утверждая всеобщий характер связей и зависимостей в реальном мире, философия оставляла в тени проблему независимости. В философской литературе независимость рассматривалась лишь по отношению к логике и математике (независимость аксиом в формализованных системах, независимость переменных в структуре уравнений). Вместе с тем с представлениями о независимости человек сталкивается постоянно – и в повседневной жизни, и при образовании различных коллективов, и при организации делового предпринимательства, и в научных исследованиях, и в искусстве. Независимость представляет необходимую предпосылку творческой деятельности человека. Недаром высоко ценятся независимо мыслящие и действующие личности. Поступать творчески – это значит принимать решения и действовать самостоятельно, на основе своих убеждений, знаний и опыта, действовать согласно собственным соображениям, а не по шаблону, чужому мнению или принуждению.

На основе сказанного можно дать общее определение представлений о независимости. Некоторые объекты и системы являются в той степени независимыми, в какой их свойства и поведение не определяются внешним по отношению к ним окружением, внешними объектами и системами. Другими словами, независимые сущности в той степени независимы, в какой они действуют по собственным основаниям. Соответственно можно сказать, что важнейшее значение представлений о независимости в анализе

бытия и познании заключается в том, что они образуют необходимую предпосылку для раскрытия внутренних свойств, внутренней активности исследуемых объектов и систем. Наличие внутренней динамики образует необходимое условие самого бытия сложно-организованных систем, в ходе познания которых исследования все более втягиваются в разработку аналитических методов анализа взаимодействия и взаимопроникновения внешних и внутренних факторов в раскрытии структуры и поведения исследуемых объектов и систем.

Существенное значение для понимания природы вероятности как базовой модели имеет раскрытие оснований целостных характеристик соответствующих систем. Как независимые сущности могут образовывать некоторые целостности? Обычно широко предполагается, что целостность системам придает наличие устойчивых взаимосвязей между их элементами. Если же поведение элементов систем взаимно независимо, то как независимые сущности могут образовывать некоторые целостности? Особенность вероятностных систем состоит в том, что целостность им придают не наличие устойчивых внутренних взаимосвязей, а внешние условия образования и бытия общей совокупности этих систем. Недаром само исходное определение вероятности содержит характеристику условий ее проявления. Соответственно сказанному, основным, центральным понятием теории вероятностей, сопряженным с базовой вероятностной моделью, выступает понятие вероятностного распределения (или просто – распределения). Только на основе представлений о распределениях возможны сама теоретико-вероятностная постановка задач, выработка основных понятий и формулировка основных зависимостей в соответствующих научных теориях. «Некоторое свойство, – подчеркивает М. Лозв, – является теоретико-вероятностным тогда и только тогда, когда оно описывается с помощью распределений» [Лозв, 1962. С. 183]. 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. Распределения представляют структуру вероятностных (статистических) систем – они выражают как характер взаимоотношений между самими отдельными элементами систем, так и их отношения к целостным характеристикам систем. Поскольку распределение вероятностей соотносится с весьма многими значениями вероятностей отдельных событий, то отсюда следует, что распределения вероятностей представляют фундаментальную составляющую рассматриваемых событий. Соответственно можно утверждать, что идею вероятности символизируют понятия независимости и вероятностного распределения, включенность которых в исследования определяют их фундаментальный характер.

Идея вероятности развивает дальше общие представления о фундаментальном знании, свойственные предшествующему развитию познания. Эта идея открывает путь к познанию внутренней динамики, внутренней активности исходных исследуемых объектов. Представления о фундаментальности стали включать в свою структуру и опираться на понятие распределения. На базе распределений получают более широкое и полное обоснование свойства и поведение объектов и систем, нежели это возможно на базе представлений о жесткой детерминации. В этой связи весьма интересно высказывание И. Пригожина, сделанное им практически при рассмотрении вопроса о взаимоотношении представлений о жесткой детерминации и вопроса о природе вероятности: «И в классической, и в квантовой физике при нашем подходе фундаментальные законы выражают вероятности» [Пригожин, 1999. С. 12].

Сложные динамические системы

Как ни сильно воздействие идеи вероятности на развитие современного научного мышления, в наши дни поставлен вопрос об ее ограниченности. Практически речь идет об изменениях, точнее – об обогащении наших базовых представлений, лежащих в основе строения и развития современных знаний. Тем самым речь идет о становлении нового, более современного уровня знаний о фундаментальном. Разрабатываемая базовая модель, как и ранее рассмотренная, опирается на идеи и методы общей теории сис-

тем. Новая модель наследует основные идеи, характеризующие вероятностную базовую модель, которая опирается, как мы видели, на представления о системах, образованных из независимых сущностей. Новые базовые идеи развивают дальше, обогащают наши представления о независимости. Существенные преобразования в настоящее время происходят по двум основным направлениям – в процессах разработки общих проблем управления, свойственных живым системам, и в ходе проникновения познания на наноуровень структурной организации материи.

В ходе анализа процессов поведения высокоорганизованных систем вырабатываются идеи о новой базовой модели – модели сложных динамических систем. Разработка последних опирается на понятие независимости, но последняя начинает играть более конструктивную роль. Становление идеи независимости в теоретических исследованиях соотносится с разработкой теоретико-вероятностных методов исследования. Конструктивная роль идеи независимости проявляется в том, что она включает в структуры познания представления о разнообразии, порождаемые внутренними процессами в исследуемых простейших объектах. Новая модель исходит из того, что это разнообразие служит основой для вхождения в исследования представлений о целях, о целесообразном поведении независимых объектов. Весьма существенно, что цели не привносятся в системы как бы извне, а порождаются самим ходом развития сложных систем. Внутренние преобразования этих систем порождают такие их состояния, когда открываются разнообразные пути дальнейшего развертывания процессов. Подобные состояния характеризуются как точки бифуркации, точки ветвления. Соответственно весьма остро встает проблема выбора, проблема выхода на один из возможных путей эволюции. Выбор этот характеризуется многими условиями и, прежде всего, – самими особенностями бифуркаций. Для точек бифуркации весьма существенна определенная неустойчивость, и именно эта неустойчивость позволяет системам совершить выбор дальнейшего пути развития. В состояниях таких неустойчивостей системы необычайно чувствительны к весьма малым флуктуациям. «В окрестностях точек бифуркации, – пишет И. Пригожин, – суще-

ственную роль играют флуктуации, и именно они “выбирают” ветвь, которой будет следовать система» [Пригожин, 1985. С. 119]. Поскольку флуктуации обычно незначительны по величине, то в применении к процессам развития это означает, что на выбор путей развития в критических точках могут оказывать воздействие весьма незначительные причины. Ранее сложившиеся, классические представления обычно предполагают наличие однозначности, линейности в характеристике реальных путей развития: утверждается, что существует лишь один истинный путь эволюционных преобразований – иного не дано. Подобный подход к анализу процессов развития закрепляется в широко принятом изложении гражданской истории. История зачастую излагается как простая последовательность происходящих в обществе изменений и преобразований. Однако для исторического анализа весьма важно выяснить, какие разнообразные возможности открывались в развитии общества, особенно – в периоды революционных преобразований, и почему и как пал выбор на одну из них.

Встает интересный и весьма важный вопрос – а как выбрать, как определить из спектра возможных наиболее действенные, оптимальные пути развития сложных динамических систем? Одной из важнейших характеристик динамических систем является устойчивость, устойчивость их поведения и функционирования. Она означает, что, несмотря на различные возмущающие воздействия на систему, которым она подвергается в процессах функционирования и развития, система сохраняет свою основную функцию и поведение. Теоретические исследования проблемы устойчивости берут свое начало с исследований устойчивости механического движения и представлены, например, работами А. М. Ляпунова. При переходе исследований к анализу все более сложных систем усложнялся и вопрос о понимании устойчивости и критериях ее проявления. А. Н. Уайтхед специальное внимание уделял проблемам «органической устойчивости». Однажды он высказался весьма категорично: «Вся наука вращается вокруг вопроса об устойчивости организмов» [Уайтхед, 1990. С. 256]. Устойчивость характеризует закономерности внутренней динамики соответствующих систем.

С представлениями об устойчивости сопряжена такая важнейшая характеристика сложных динамических систем, как их целенаправленное функционирование и поведение. Соответственно, важнейшее значение приобретает вопрос о целях, сопряженных с анализом функционирования и поведения этих систем. Вне представлений о целях невозможно представить сколько-нибудь эффективное поведение сложных систем. Рассматривая развитие общественных структур, следует отметить, что представления о цели сопряжены с интересами и потребностями как отдельных личностей, так и разнообразных социальных структур. При анализе этих вопросов вполне естественно исходить, прежде всего, из первичных, базовых, стратегических целей организации общественной жизни. Рассматривая стратегические цели такого объединения, можно солидаризоваться со следующим высказыванием В. Вайскопфа: «Нашей целью является общество, в котором нет насилия человека над человеком, нет ненужных страданий и боли, нет скуки и пустоты, – общество, в котором человек может жить с чувством собственного достоинства и самоуважения. Сможем ли мы когда-нибудь достичь этой цели? Я не знаю, но мы должны жить, думать и действовать будучи твердо уверенными, что достигнем ее» [Вайскопф, 1977. С. 243]. И высказывание А. Н. Уайтхеда: «Существует неотвратимая закономерность в том, что цивилизация, у которой нет какой-либо высшей цели, погрязает в сладострастии или же впадает в монотонное однообразие, в котором гаснет всякое живое чувство» [Уайтхед, 1990. С. 482].

Сложные динамические системы суть системы, образованные из многих подсистем и элементов, которые включают в свою структуру представления о независимости. Встает вопрос, а как же строится и обеспечивается самосогласованное, кооперативное, когерентное поведение соответствующих подсистем и элементов? При рассмотрении этих вопросов важнейшее значение принадлежит идее иерархии. Иерархия представляет собою структурную характеристику сложных динамических систем, позволяющую учитывать и выражать разнообразие связей и взаимодействий, свойственных этим системам – от связей жестких, однозначных, до чисто случайных. Идея иерархии получает свое развитие и высокую

оценку в современных исследованиях сложных систем. «Среди всех сложных систем, – отмечает Г. Саймон, – только иерархии располагают достаточным временем на развитие» [Саймон, 1972. С. 118]. Еще одно высказывание: «Сложность подрывает устойчивость, если не умеряется иерархической структурой» [Николис, 1989. С. 98]. И далее: «Любая самоорганизующаяся система представляет собой иерархическую структуру» [Там же. С. 253].

Идея иерархии есть идея уровней в структуре и функционировании сложных систем, уровней, различающихся высотой организации. Каждый из уровней представлен своими структурными единицами и процессами, на каждом из них действуют специфические закономерности и решаются свои задачи. В раскрытии идеи уровней первостепенное значение приобретают законы взаимосвязей между различными уровнями. Особо наглядно высшие формы иерархии проявляются при рассмотрении особенностей внутренней организации живых систем. Как отмечал академик В. А. Энгельгардт, в биологических иерархиях подчиненность в преобладающем числе случаев выступает в форме контроля, при осуществлении которого важная роль принадлежит действию обратных связей. Ведущими началами в биологических иерархиях являются элементы координирования и кооперации, а не доминирования и подчиненности. Идея иерархии направлена на обеспечение устойчивого функционирования как всей системы в целом, так и процессов на каждом из ее структурных уровней с учетом их своеобразия.

В процессах развития сложных систем в функционировании высших уровней все большее значение приобретают информационные процессы. Рассматривая становление в физике представлений о сложных динамических системах, Б. Б. Кадомцев отмечал, что в системах «со сложно организованной внутренней структурой возможно расслоение единой системы на две тесно связанные друг с другом подсистемы. Одну из них мы по-прежнему можем называть динамической или силовой, а вторую можно назвать информационной или управляющей подсистемой» [Кадомцев, 1997. С. 330]. И далее: «При переходе к изучению все более сложных систем именно структурные, информационные аспекты их поведения и развития

выступают на первый план, а динамика создает лишь основу для информационного развития» [Там же. С. 346].

Иерархическая организация сложных динамических систем включает в себя определенную независимость и автономность, характерные для вероятностных систем. Автономность объектов и систем есть, прежде всего, их действие по внутренним основаниям и внутренним побуждениям. При характеристике автономных систем первостепенное внимание уделяется проблеме внутренней активности при их функционировании и поведении. Эта внутренняя активность – одна из наиболее характерных черт всего живого. Ее отмечали и зачастую абсолютизировали все естественно-научные и философские направления исследований, устремленные на анализ «тайны» живого. Сюда относится и витализм, который провозглашал наличие особой «жизненной силы» (энтелехии, психее) у живых систем, определяющей их особенности. Проблема активности имеет различные формы выражения и ныне приобретает более широкое звучание. Если идея вероятности раскрывала наличие независимости в структуре систем, то представления об автономности идут дальше – они нацелены на раскрытие ценности и значимости представлений о независимости в структуре систем.

Идеи и понятия, лежащие в основе разработки представлений о сложных динамических системах, еще не достигли той степени полноты и целостности, которые характерны для базовых моделей жесткой и вероятностной детерминаций. Становление новой модели следует рассматривать в свете интенсивно разрабатываемого общего учения о самоорганизации и нелинейных процессах как основе современной естественнонаучной парадигмы, обязанной своим становлением углубляющимися приложениями физико-математических методов к познанию живого. Происходит становление новой модели оснований процесса познания и тем самым получают развитие наши представления о фундаментальном и его видах. Эта модель стала включать такие категории, как цель, целенаправленность, иерархия, обратная связь и некоторые другие, что характеризует дальнейшее развитие представлений о фундаментальном, происходящее на базе разработки общего учения о сложных динамических системах.

Нанороботы

Второе направление в разработке современной базовой модели познания происходит на путях его проникновения в глубь бытия, на путях проникновения на наноразрешительный уровень структурной организации материи, что также ведет к трансформации наших представлений о фундаментальном. Эти преобразования обусловлены становлением нанонаук и нанотехнологий, которые оцениваются столь существенно, что стали говорить о нанореволюции в современном развитии познания и технологий. Ведущие страны принимают специальные национальные программы по развитию нанонауки исследований. Высказываются утверждения о разработке принципиально новой экономики, которая изменит весь образ жизни человека. С формальной точки зрения нанонауки можно определить как оперирование с искусственно созданными или естественными объектами наноразмеров, т. е. размеров порядка одной миллиардной части метра. Широкие применения наноидеологии в методах исследований выражают прежде всего активное проникновение науки в глубь бытия, в глубь строения материи. В этой связи весьма интересно пророческое высказывание Р. Фейнмана сделанное им в канун 1960 г.: «Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики». Это проникновение познания опирается на взаимодействия и оперирования с мельчайшими структурными единицами материи – вплоть до отдельных атомов и молекул. Соответственно наноисследования иногда определяют как оперирование с отдельными атомами и молекулами и воздействие получаемых структур на макропроцессы. Характеризуя становление нанопредставлений как переход исследований на новые более глубокие уровни бытия, необходимо отметить, что подобного рода преобразования уже имели место в истории познания. Особо значимы проникновения познания на уровень атомарного строения вещества и на уровень микрочастиц, о чем говорилось выше.

Рассматривая эволюцию нанопредставлений с общих позиций истории познания, необходимо иметь в виду, что это развитие вначале было сопряжено с анализом простых механических и физических систем.

По мере своего развития разработка наносистем и взаимодействий все сильнее стала соотноситься с развитием познания все более сложных систем, особо – с познанием живых систем – живых клеток и организмов. Переходя к исследованиям более сложных объектов и подключая к анализу компьютеры, методы оперирования с наночастицами становятся внутренне динамичными и приобретают автоматизм. В развитие взаимодействий наночастиц включаются роботы. Нанороботы – системы, размером сопоставимые с молекулой, обладающие функциями движения, обработки и передачи информации, исполнения программ. Вхождение роботов в структуру познания ведет к существенным преобразованиям жизнедеятельности человека. Предполагается, что при помощи наночастиц будут строиться живые клетки и выращиваться живые ткани. Особо предполагается, что внедренные в организм нанороботы смогут лечить человека, доставляя лекарства к нужным клеткам и очищая его от болезнетворных микробов и клеток.

Сказанное позволяет заключить, что развитие нанопредставлений ныне концентрируется на разработке идеи о нанороботах, их структуре, функционировании и взаимодействиях. Вхождение идеи о роботах в развитие нанопредставлений ведет к необходимости дальнейшей разработки базисных структур познания. Соответственно, к анализу наночастиц и их роли в структуре познания необходимо привлекать такие категории, как цель, целенаправленность, информация, структурные уровни, автономность, эффективность, внутреннее и внешнее и ряд других. Вне таких категорий невозможно серьезно рассматривать саму идею о нанороботах, как характеризующихся внутренней активностью и способностью к самостоятельным действиям. Особо остро встают вопросы о природе внутренней активности и целесообразных действиях нанороботов. Привносится ли эта активность со стороны, или же она обусловлена самой природой нанороботов, порождаемых особенностями наночастиц? Рассматривая проблему нанороботов с позиций развития системного подхода, можно сделать вывод, что развитие представлений о нанороботах сопряжено с разработкой учения о сложноорганизованных системах, его базовых

утверждений. Сюда же относится разработка учения о самоорганизации материи на наноуровне.

Идея о нанороботах имеет громадные стимулы, громадный заряд для своего дальнейшего развития. Становление этой идеи опирается на выработку, как отмечалось, представлений о наночастицах и их взаимодействиях. Далее из наночастиц (атомов и молекул) создаются наноструктуры, а из последних – наноматериалы. На основе последних создаются новые предметы и устройства с недоступными в настоящее время поведением и свойствами. Взаимоотношения и закономерности взаимодействия упомянутых материальных образований определяют сам характер, саму природу нанороботов. Довольно часто утверждается, что разработка новых материалов, наносинтез производится наноманипулятором, который управляется либо макрокомпьютером, либо своего рода нанокompьютером, встроенном в структуру рассматриваемых взаимодействий. Тем самым можно утверждать, что целенаправленное поведение и активность нанороботов характеризуются на базе включенности компьютеров в их поведение и действия. Именно привлечение компьютеров к разработке нанороботов определяет основную направленность этих исследований в настоящее время. Нанороботы – суть устройства, которые могут производить действия на атомном и молекулярном уровнях. Соответственно можно утверждать, что разработка идеи наночастиц опирается на идеи системного анализа и содействует его развитию.

Как следует из вышесказанного, процессы разработки представлений о сложных динамических системах и представлений о нанороботах взаимодополняют и взаимообуславливают друг друга. Происходит выработка единой базовой модели познания, объединяющей эти два подхода. Соответственно вырабатываются и единые основания в трактовке представлений о фундаментальных аспектах нового знания, в качестве которых выступают концепции внутренней активности и целесообразного поведения соответствующих систем.

Рассматривая применения и совершенствование нанопредставлений в различных разработках, в последнее время все чаще обращаем внимание на возможность отрицательных последствий этих применений.

Отмечается, что наночастицы могут легко проникать в организм человека и животных через кожу, респираторную систему и желудочно-кишечный тракт. Иными словами, некоторые нанобъекты могут оказывать токсичное воздействие на клетки различных тканей. Отсюда говорят, что наноразработки содержат определенную долю рисков. Последнее, впрочем, не умаляет основной ценности нанонаук.

Заключение Фундаментальные науки и естествознание

Фундаментальные науки образуют основу, «фундамент» познания. На их базе происходят становление, систематизация, развитие и обоснование основных направлений исследования. Разрабатываются новые базовые системы понятий, которые и определяют новое видение мира. Фундаментальные науки в своей основе направлены на внутренние интересы развития науки, ее структуры и методов. Разработка новых фундаментальных наук выступает как научные революции.

В ходе развития познания развиваются и наши представления о фундаментальном знании. Раскрытие природы, обоснования этого развития необходимо строить на базе анализа истории познания, и, прежде всего, на базе истории естествознания, методология познания которой наиболее развита. Исходные представления о фундаментальном знании выражены классической механикой. Эти знания характеризовались как выражающие строго однозначный характер всех взаимосвязей и взаимодействий. Изменения в состояниях и поведении тел рассматривались как обусловленные внешними воздействиями, а сами тела – как пассивные и инертные образования.

Существенные преобразования в наших представлениях о фундаментальном знании произошли в ходе вхождения идеи вероятности в познание. В структуру теоретического знания были включены понятия независимости, статистического коллектива, вероятностного распределения. Вырабатывались основания для признания наличия внутренней динамики в исследуемых системах. Тем самым обогащались наши представления о фундаментальном знании.

Существенное развитие представлений о фундаментальном имеет место в современном познании, а именно, в процессе становления учения о сложных динамических системах. Это развитие происходит по двум основным направлениям – в процессах разработки общих проблем управления в сложных системах и в процессах проникновения познания в глубь строения материи – на наноуровень. Получают обоснование и развитие такие категории, как управление, цель, автономность, информация, иерархия, внутренняя активность.

Рассматривая линию развития представлений о фундаментальном знании, легко заметить, что это развитие основывается на анализе истории естествознания, особо – на разработке физико-математических методов исследования и их проникновении на все более глубокие уровни структурной организации материи. В этой связи интересно высказывание В. Л. Гинзбурга: «Микрофизика вчера, сегодня и, нужно думать, завтра была, есть и будет передним краем физики и всего естествознания» [Гинзбург, 1984. С. 299]. Широко понимаемая микрофизика непосредственно соотносится с разработкой представлений о сложных динамических системах, а тем самым – и с разработкой современных представлений о фундаментальном знании. Сказанное позволяет сделать заключение, что именно естествознание лежит в основе современных разработках представлений о фундаментальном знании, в основе разработки современного научного метода. Это происходит как на путях втягивания в исследования новых материальных образований, так и на путях совершенствования методов исследования.

Список литературы

Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Сис-

темные исследования: Ежегодник. 1969. М., 1969.

Блохинцев Д. И. Предпосылки научно-технического прогресса // Современные проблемы физики. М., 1976.

Бунге М. Причинность. М., 1962.

Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М., 1977.

Гинзбург В. Л. Замечания о методологии и развитии физики и астрофизики // Диалектика в науках о природе и человеке. Диалектика – мировоззрение и методология современного естествознания. М., 1983.

Гинзбург В. Л. О перспективах развития физики и астрономии в конце XX в. // Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984.

Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М., 1997.

Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. 2-е изд. М., 1974.

Лозэ М. Теория вероятностей. М., 1962.

Николис Дж. Динамика иерархических систем. Эволюционное представление. М., 1989.

Пригожин И. От существующего к возникающему. М., 1985.

Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Ижевск, 1999.

Саймон Г. Науки об искусственном. М., 1972.

Уайтхед А. Н. Избранные работы по философии. М., 1990.

Фейнберг Е. Л. Традиционное и особенное в методологических принципах физики XX в. // Диалектика в науках о природе и человеке. Единство и многообразие мира, дифференциация и интеграция научного знания. М., 1983.

Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. М., 1968.

Borel E. Le hazard. 2nd ed. P., 1948.

Материал поступил в редколлегию 24.02.2010

Yu. V. Sachkov

FUNDAMENTAL SCIENCES IN DEVELOPING STRUCTURES

The author provides justification for the leading role of the fundamental sciences in the process of developing of complex dynamic systems. The paper also shows that the very notion of fundamentality undergoes changes in the course of this development. The current sources of these changes are the treatment of general problems of management and taking research onto the nanolevel.

Keywords: fundamental, applied, strict determination, probability, independence, dynamic systems, nanolevel.