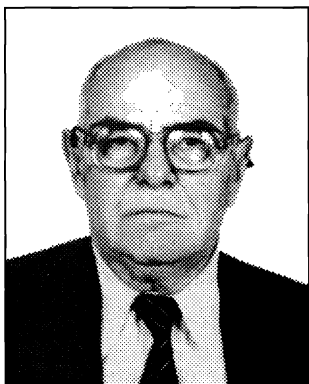




К ОНТОЛОГИИ научного творчества Синергетический подход

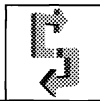
Д.С. ЧЕРНАВСКИЙ,
Н.М. ЧЕРНАВСКАЯ



1. ВВЕДЕНИЕ

Избранная нами тема волновала человечество с античных времен, и ей посвящены тома литературы¹. В предлагаемой публикации мы обсудим самые современные и дискуссионные проблемы, касающиеся динамического хаоса, теории развивающихся систем, динамической теории информации и теории распознавания. Эти проблемы имеют много общего и часто объединяются в единое научное направление, именуемое синергетикой. Они тесно связаны с фундаментальными вопросами методологии творчества, такими как роль логики и интуи-

¹ См., например: Бескова И.А., Касавин И.Т. Творчество // Новая философская энциклопедия. М., 2001; Майданов А.С. Процесс научного творчества. М., 1983; Пономарев Я.А. Психология творческого мышления. М., 1960; Пойа Дж. Математическое открытие. М., 1976; Психология творчества. М., 1990; Пуанкаре А. О науке. М., 1983; Bruner J. The conditions of Creativity // Contemporary Approaches to Creative Thinking. N.Y., 1962; Guilford J.P. Creativity: Dispositions and processes // Creativity research. International perspective. New-Delhi, 1980; McKinnon D.W. Creativity: A multy-faceted phenomenon // Creativity. A discussion at the Nobel Conference. Amsterdam, L., 1970; Thorndike E.L. The Psychology of Invention in a very simple case // Psychol. Rev., V.56, 1949; Zuckerman H. The scientific elite: Nobel Laureates mutual influence // Genius and eminence: The social psychology of creativity and exceptional achievement. Oxford, 1983.



ции, существование (или отсутствие) причинно-следственных связей и т.п. При этом акцентируем внимание на конкретных вопросах: как протекает процесс творчества, какие условия для этого необходимы, какие факторы стимулируют творчество, а какие ему мешают². Те же вопросы можно сформулировать и на другом языке, который более принят в психологии (включая социальную). Когда к человеку приходит «озарение», и какое состояние души этому способствует? Когда общество воспринимает акт творчества как открытие, и когда, напротив, встречает его враждебно?

Эти вопросы в настоящее время далеко не решены, о чем свидетельствует различие точек зрения. Так, высказывается мнение³ о том, что для творчества необходима спокойная обстановка, сосредоточенность и отрешенность от дел мирских. С другой стороны, в книге Б.М. Кедрова на примере открытия периодической системы Менделеева показано, что сам акт творчества происходит в нервной обстановке дефицита времени, самой гуще мирской суеты (к этому примеру мы еще вернемся). Какое из этих мнений более соответствует действительности — об этом и пойдет речь ниже. Значительное внимание будет уделено интуитивному мышлению, роль которого в научном творчестве отнюдь не мала⁴.

2. ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

Этот вопрос также неоднократно обсуждался, в частности, в книге В.С. Степина⁵. Мы не претендуем на полный анализ проблемы и не можем на это претендовать, не будучи специалистами в философии. Тем не менее взгляд на проблему глазами представителей точных и естественных наук (каковыми и являются авторы), как нам кажется, не лишен интереса.

На наш взгляд, здесь можно выделить несколько этапов. Так, во времена позднего Ренессанса ученые еще не разделились по специальностям. Ученым считался человек, равно владеющий и математикой, и биологией (включая медицину). Именно таким был Леонардо да Винчи — один из ярких представителей Ренессанса. Постепенно центр тяжести сместился к точным наукам. Тому были причины: необходимость расчета полета снаряда (баллистика), необходимость ориентации в море по звездам (астрономия). В этих вопросах ведущую роль играла математика. Ярким представителем этого направления был Рене Декарт. Именно он

² Эти вопросы частично обсуждались в: Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // Успехи физических наук, 2000, т. 170, № 2. С. 157-183; Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001.

³ См.: Солсо Р.Л. Когнитивная психология. М., 2002.

⁴ См.: Фейнберг Е.Л. Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке. М., 1992; Фейнберг Е.Л. Кибернетика, логика, искусство. М., 1981.

⁵ См.: Степин В.С. Теоретическое знание. М., 2000; Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и перспективы техногенной цивилизации // Синергетическая парадигма. М., 2000. С. 12-27.



сформулировал основы важнейшей программы методологии науки. Кратко говоря, они сводятся к следующему.

1. Каждое явление имеет свою причину. Если она известна, то можно рассчитать и предсказать дальнейшее развитие события.
2. Каждая причина сама является следствием предшествующей «причины».
3. Таким образом, зная следствие, можно рассчитать цепь причинно-следственных событий в обратном направлении времени.
4. Математический аппарат расчетов должен основываться на формальной логике.

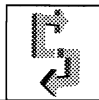
Картезианство оказало и до сих пор оказывает сильное влияние на развитие точных наук. Теория Ньютона, работы Лейбница, Эйлера, Лапласа выполнены именно в этом духе. При этом методология картезианства играла большую эвристическую роль. Иными словами, однозначно «вывести», например, законы Ньютона из работ Декарта, разумеется, невозможно. Для этого необходим акт творчества, который и был совершен Ньютоном. Однако детерминистические идеи оказали на Ньютона серьезное влияние.

Успехи классической механики и математики в XVIII и XIX вв. были весьма впечатляющими. Создалось мнение о том, что и другие науки должны быть построены на основе тех же принципов. Вскоре, однако, выяснилось, что в естественных и гуманитарных науках принцип неразрывности цепи причинно-следственных связей не может соблюдаться. Наиболее ярко это проявилось в вопросе о свободе воли. Действительно, если каждое событие — следствие предыстории, то человек не волен делать выбор из возможных вариантов и каждое его решение предопределено. Однако тогда исчезает ответственность за сделанный выбор, а вместе с ней и понятие совести. Ясно, что в реальной жизни необходимо делать выбор и нести за него ответственность. Ясно также, что продолжить цепь причинно-следственных связей в глубь веков невозможно. В художественной литературе описана масса примеров, демонстрирующих абсурдность такой попытки.

В труде Иммануила Канта «Критика чистого разума» эти недостатки были сформулированы уже в научной форме. Под «чистым разумом» Кант понимал концепцию причинно-следственных связей, основанную на формальной логике. Кант сам был знаком с математикой на профессиональном для своего времени уровне. Поэтому он знал то, что критикует, можно сказать, «изнутри». Справедливости ради следует отметить, что и сам Декарт понимал проблему «свободы воли» и пытался решить ее в рамках своей программы, но безуспешно. Решение проблемы предложил Георг Гегель, используя диалектику вместо формальной логики. Труд Гегеля «Феноменология духа» по праву считают поворотным пунктом в развитии философии и естественных наук.

По этому поводу можно сделать ряд замечаний.

1. Диалектика и логика существенно отличаются по этимологии терминов.



Логика происходит от греческого «логос» (слово) и является наукой о том, как убеждать словом.

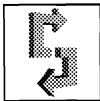
Диалектика тоже имеет греческий корень (разговор, спор) и представляет собой искусство побеждать в споре. Убеждать и побеждать — понятия разные (хотя первое часто используется для достижения последнего).

Побеждать в споре можно, ссылаясь на примеры из реальной жизни (часто парадоксальные). Поэтому главное в диалектике не «вывод» законов природы из аксиом, а обобщение опыта. Иными словами, суждения строятся не на базе формальной логики, а на основе опыта и интуиции, т.е. «путем прямого усмотрения истины».

2. Гегель, в отличие от своих предшественников, не был ученым в прямом смысле слова; он был «чистым философом». Он не использовал в своих построениях математический аппарат и не стремился к этому. В своих личных увлечениях отдавал предпочтение скорее естественным наукам, а также истории и социологии. Можно сказать, что Гегелем в философии была проведена грань между естественными, гуманитарными и точными науками. Эпоха Ренессанса и научного универсализма сменилась этапом узкого научного профессионализма. Точно датировать смену эпох трудно. Основные идеи диалектики были, по-видимому, сформулированы Гегелем к 1803 г. в Йене, но опубликованы позже, в 1807 г. в его труде «Феноменология духа». Таким образом, уже сейчас мы можем говорить о двухсотлетнем юбилее диалектики.

3. В диалектике Гегелю удалось обобщить и сформулировать главное свойство развивающихся систем — смену стадий их развития. Триада «тезис» → «антитезис» → «синтез» (схема 1) действительно имеет место во всех развивающихся системах. Более того, сейчас мы можем сказать, что это необходимое условие возникновения новой информации (во времена Гегеля это понятие еще не было известно). Новая информация в науке рождается в процессе научного творчества, и этот процесс тоже подчиняется триаде Гегеля. Вопрос о том, в чем «причины» появления «антитезиса» и «синтеза», в рамках диалектики тогда не ставился.

4. Диалектика Гегеля была встречена научным сообществом неоднозначно. Представители социальных и гуманитарных наук (экономики и социологии) восприняли ее с энтузиазмом. Более того, диалектика Гегеля вошла в экономику К. Маркса как один из краеугольных камней концепции. Биологи поняли диалектику Гегеля как естественное обобщение реальности. Действительно, и в эволюции биосферы, и в развитии организма легко прослеживается триада Гегеля. Более того, в этих науках отступления от нее практически отсутствуют. Математики и физики отнеслись к диалектике скорее негативно. Основная причина этого — отсутствие математического аппарата и, следовательно, количественных оценок. На вопрос, когда именно антитезис сменит тезис и когда наступит синтез, Гегель (и его последователи) ответа дать не мог и даже не пытался. На вопрос, по какой



причине произойдет смена тезиса, тоже ответа не было. Просто утверждалось, что в реальной жизни это обязательно произойдет. Гегелем было изменено само понятие «разумного». В картезианской философии разумно то, что происходит по какой-либо причине, и при этом можно доказать, что иного произойти не может. В диалектике Гегеля парадигма доказательства была упразднена, а «разумным» предлагалось считать все, что в действительности имеет место: «все действительное разумно». При таком понимании «разумности» «Критика чистого разума» уже не имела отношения к «разуму» в его новом понимании.

В целом появление диалектики ознаменовало переход к новому этапу развития науки, который можно считать антитезисом прежнему картезианскому мировоззрению. На этом этапе характерное для Ренессанса единство наук распалось. Появились отдельные науки — физика, химия, биология и т.д. В каждой из них образовались отдельные направления (как, например, механика и термодинамика), связь между которыми долгое время оставалась неясной.

Не следует думать, что после этого наука топталась на месте. Напротив, был накоплен колоссальный материал. В биологии появилась теория Дарвина, а затем генетика. В физике возникла атомная, а затем и ядерная физика. Были созданы теория электромагнитного поля, теория относительности и квантовая механика. Взаимосвязь этих теорий с научным мировоззрением детально проанализирована⁶.

В этот период взаимное проникновение физики, химии, и биологии, несомненно, имело место. Тем не менее, физика оставалась физикой, а биология — биологией, не говоря уже о гуманитарных науках, которые развивались обособленно. Таким образом разделение наук сохранялось и даже углублялось. Изменился и характер философии. В ней тоже появились новые направления — была осознана роль наблюдателя (и самого процесса наблюдения) в познании природы. Эвристическая роль этого обстоятельства общеизвестна. Однако философия как объединение всех наук перестала играть роль путеводной звезды в решении конкретных задач специальных наук. Попытки насильственного (административного) внедрения философии (например, диалектического материализма) в естественные науки привело к обратному результату. Примеров идеологического давления на науку (и не только в Советском Союзе) достаточно много, но эта тема выходит за пределы статьи. В таком состоянии была наука в середине XX века. Вопрос об объединении наук в духе Ренессанса тогда еще даже не ставился.

В конце XX века в научном мире произошли события, которые существенно изменили как саму науку, так и ее методологию. По нашему мнению, эти события по своим последствиям превосходят открытие теории относительности и квантовой механики. Обсудим их.

⁶ См.: Степин В.С. Теоретическое знание. М., 2000.



3. НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

В теории динамических систем возникло новое направление — теории динамического хаоса⁷. В их рамках появилась возможность с помощью математических моделей исследовать механизм непредсказуемых явлений. В основе динамического хаоса лежит явление неустойчивости. Теория устойчивости (или неустойчивости) была развита А. Ляпуновым почти сто лет тому назад, однако значение этого явления было оценено лишь недавно (и то не полностью). Методологические аспекты этой теории активно обсуждаются сегодня⁸. Напомним ее основные положения.

1. В неустойчивом состоянии у системы появляется свобода выбора. Именно в этом состоянии разрывается причинно-следственная цепь, и дальнейшее поведение системы не зависит от ее прошлого. Как упоминалось, именно это обстоятельство, очевидное для внимательного наблюдателя, не учитывалось в жестких рамках формальной логики, или «чистого разума». Важно, что в рамках современной математики теория неустойчивости и/или динамического хаоса уже вошли в арсенал принятых методов.

2. В динамическом хаосе предсказать поведение системы в отдаленном будущем невозможно. Можно лишь (и то с некоторой вероятностью) описать развитие событий в течение ограниченного отрезка времени, называемого горизонтом прогнозирования⁹. То же относится и к обратному во времени процессу: иногда можно проследить причинно-следственную цепь, непосредственно предшествующую событию, но искать причину его в глубине веков практически невозможно. Этот результат носит негативный характер, поскольку ограничивает возможности предсказания, и, тем не менее, в науке играет важную роль. Он аналогичен второму началу термодинамики в его негативной форме (тепло не может переходить от холодного тела к тепловому). Более того, между теорией динамического хаоса и вторым началом имеется глубокая связь¹⁰. Роль, которую играет второе начало в физике, общеизвестна.

⁷ См.: Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М., 1990.

⁸ См.: Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001. С. 9. Чернавский Д.С., Намиот В.Л. О логико-методологических аспектах явления неустойчивости // Сб. «Философия науки». М., 2002, вып. 8. С. 74; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетическое расширение антропного принципа // Синергетическая парадигма. М., 2000. С. 80-106; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. У истоков синергетического видения мира // Самоорганизация и наука. Опыт философского осмысления. М., 1994. С. 162-186.

⁹ Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетическое расширение антропного принципа. // Синергетическая парадигма. – М., 2000. С. 80-106; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. У истоков синергетического видения мира // Самоорганизация и наука. Опыт философского осмысления. М., 1994. С. 162-186; Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М., 2000.

¹⁰ Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001; Крылов Н.С., Работы по обоснованию статистической физики, М., 1950; Аносов Д.В., Синай Я.Г., Успехи математических наук, 1967, т. 22, вып. 5. С.107-128.



3. В теории динамического хаоса особую роль играют системы, в которых хаос является промежуточной стадией между двумя динамическими режимами. Так, в этих системах имеет место чередование стадий: порядок — хаос — новый порядок, что изображается в виде схем (схема 2 — смысл и происхождение данных терминов обсудим ниже):

«Креод» — «вариабельность, джокер» — «новый креод», или:

«Русло» — «перемешивающий слой» — «новое русло»

К примеру, эволюцию биосферы описывают схемой «типа дерева». «Ветки» дерева соответствуют стадиям стабильного существования сформированного вида. Разветвления указывают на образование новых видов. При этом число различных форм существенно увеличивается, вариабельность возрастает — возникает хаос. В течение этой стадии происходит выбор между возможными вариантами. Именно в этой стадии возникает новая информация, и хаос в ней необходим для того, чтобы было бы из чего выбирать.

Развитие организма происходит по той же схеме, что и образование новых форм в онтогенезе, не минуя хаотическую стадию. Это явление отмечалось в ряде работ¹¹. Для отличия разных стадий морфогенеза Уоддингтон¹² предложил специальный термин — «креод», соответствующий детерминированной динамической стадии. Термин «вариабельность» использовался как синоним хаоса¹³. В теоретических работах, посвященных исследованию хаотических стадий в биологических системах, был предложен термин «перемешивающий слой»¹⁴. В экономике при образовании новых фирм и новых форм производства имеет место то же чередование стадий. На это обратил внимание Дж. Сорос¹⁵ и предложил термин «джокер», который означает неожиданный поворот событий, характерный для хаотической стадии.

Роль хаотической стадии при распознавании, функционировании нейросетей и в процессе мышления обсуждалась в ряде работ¹⁶. Г.Г. Малинецким и А.Б. Потаповым¹⁷ триада (схема 2) рассматривалась с общих для раз-

¹¹ См.: Мелехова О.П. Онтогенез, 7, № 2. С. 131-140, 1976; Белоусов Л.В., Биологический морфогенез. М., 1987.

¹² См.: Уоддингтон К. Морфогенез и генетика. М., 1964.

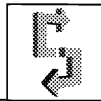
¹³ Белоусов Л.В., Чернавский Д.С., Соляник Г.И., Онтогенез, 16, 1985, № 3. С. 213-248; Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С., Стресс у растений. М., 1993.

¹⁴ Колупаев А.Г., Чернавский Д.С. Перемешивающий слой // Краткие сообщения по физике. М., 1997, № 1-2. С. 12-18.

¹⁵ Soros G. The Crisis of Global Capitalism, Public Affairs 1998; Сорос Дж. Открытое общество, М., 2001.

¹⁶ См.: Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001; Потапов А.Б., Али М.К. Нелинейная динамика обработки информации в нейронных сетях // Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие. М., 2002. С. 367-425; Чернавский Д.С., Колупаев А.Г., Веселова Т.А., Веселовский В.А., Биофизика (в печати).

¹⁷ Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Джокеры, русла или поиски третьей парадигмы // Синергетическая парадигма. М., 2000. С.138-154.



вивающихся систем позиций, при этом использовались термины — «русло», соответствующий динамической стадии, и уже упоминавшийся «джокер». В действительности термины «вариабельность», «джокер» и «перемешивающий слой» отличаются лишь оттенками. Первый из них носит феноменологический характер, т.е. является констатацией факта. Второй имеет эмоциональную окраску и подчеркивает неожиданность явления. Последний термин по звучанию оказывается теоретическим, в нем подчеркивается, что речь идет о структуре фазового пространства динамической системы, описывающей триаду (схема 2). Перемешивающий слой имеет еще одну важную особенность. В конце его, при переходе в динамическую стадию, существует момент времени (точнее, краткий интервал), когда конечный результат можно предсказать с вероятностью, близкой к единице. Дж. Сорос называет его «моментом истины» (или озарением)¹⁸. Подчеркнем, что в математических моделях эти понятия приобретают четкий физический (а не только мистический) смысл. Возвращаясь к схеме (2), отметим, что исходная и конечная динамические стадии существенно отличаются: в первой выбор конечного состояния еще не сделан, а в последней он уже совершен.

Мы привели здесь ряд конкретных примеров чередования стадий в развивающихся системах, не ссылаясь на триаду Гегеля. Тем не менее сходство схемы (2) с триадой (1) очевидно. Сравнивая их, отметим, что «хаос» как противоположность «порядку» можно считать антитезисом ему, а «синтез» — тоже «порядок», но отличный от исходного. Отсюда следуют два вывода. Первый — после распада общей науки на отдельные части каждый из ученых (профессионалов в своей области) строил свою схему развития и самостоятельно приходил к триаде Гегеля. Второй — время объединения науки, т.е. нового Ренессанса, приближается, выход из перемешивающего слоя, или момент истины — не за горами.

Не случайно последнее время стала особенно актуальной проблема риска¹⁹. Речь идет об оценках вероятностей различных катастроф²⁰: крупных аварий, экономических кризисов и природных катаклизмов. До недавнего времени эти оценки проводились на основе предположения о нормальном распределении случайных событий. Однако это предположение оправдано лишь в случае, когда система близка к состоянию равновесия и оно единственно. Ситуация иная, если система близка к переходу в другое состояние, т.е. является мультистабильной. Уместно различать катастрофы крупного и малого масштаба. Последние можно рассматривать как флуктуации вблизи равновесного состояния. Они обратимы в том смысле, что после ликвидации их последствий система возвращается в исходное состояние. Такие флюк-

¹⁸ См.: Сорос Дж. Открытое общество. М., 2001.

¹⁹ Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М., 1967.

²⁰ Здесь слово «катастрофа» употребляется в житейском смысле, т.е. как нечто неожиданное и нехорошее, хотя любая эмоциональная оценка всегда субъективна.



туации в развивающихся системах всегда присутствуют, и вероятность их можно оценивать, используя нормальное распределение.

Крупные катастрофы, как правило, означают переход системы в другое состояние. Они необратимы в том смысле, что даже после ликвидации прямых последствий система обратно не возвращается, а переходит в другое состояние. Слово «катастрофа» здесь уже следует понимать в математическом смысле, т.е. как «срыв» или «джокер». Вероятность их существенно больше той, которая следует из нормального распределения. Для решения этого вопроса необходимо знать, как устроен «джокер», т.е. построить и исследовать это явление на примерах динамических моделей, содержащих перемешивающий слой²¹.

Далее, последнее время стало популярным слово «информация» и появилось научное направление — динамическая теория информации²². Предметом ее является исследование процессов возникновения информации и эволюции ее ценности. В качестве метода исследования используются математические модели, т.е. аппарат теории динамических систем. Это направление по теме и по методам близко примыкает к предыдущему. В нем широко используются модели, допускающие свободный выбор, поскольку генерация информации, согласно Г. Кастелеру²³, — случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных. В рамках динамической теории информации решаются конкретные, но фундаментальные вопросы. Примером может служить проблема возникновения биологической информации — единого генетического кода. Она входит в более общее направление — происхождение жизни — и составляет наиболее важную (информационную) ее часть. Сравнительно недавно эта проблема казалась неразрешимой. Она действительно неразрешима в рамках чисто логического (картезианского) подхода, где свобода выбора отсутствует и, следовательно, информация возникать не может. В динамической теории информации эта задача решается сравнительно просто: из многих вариантов кода случайно был выбран один из возможных, затем он вытеснил все остальные варианты и тем самым оказался «запомнен» биосферой как единый. Математическая модель этого процесса подробно описана нами. В дальнейшем выяснилось, что эта же модель имеет более широкую область применения. Она описывает эволюцию этносов, языков и других процессов, где имеет место борьба условных информаций²⁴.

²¹ Этому посвящены наши работы (Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001; Колупаев А.Г., Чернавский Д.С. Перемешивающий слой // Краткие сообщения по физике. М., 1997. №1-2. С. 12-18), но эта тема еще далеко не исчерпана.

²² См.: Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001.

²³ Chernavskaya N.M., Chernavskii D.S. Origin of life and new of information // Viva origino. 1996, v.24, № 4. P. 307-320.

²⁴ Chernavskaya N.M., Chernavskii D.S. Some theoretical aspects of the problem of life origin, J. Theor. Biol., 1975, V. 50, № 1. P. 13-23; Чернавский Д.С., Чернавская Н.М.,



Наряду с этим в последние десятилетия возникли два близких друг другу направления — теория распознавания и нейрокомпьютеринг²⁵. Теория распознавания сейчас рассматривается как раздел прикладной математики. Основная задача этой теории — та же, что и в других науках, — дать прогноз развитию событий. Однако во многих других чертах она существенно отличается от того, что принято считать «теорией» в точных науках. Методологической основой этой теории обычно служит утверждение: «если наблюдаемый объект «похож» на уже известный, то его поведение будет сходно с поведением прототипа». Что такое «похож» и какова мера похожести — это и есть предмет исследования. Требование доказательства в этой теории отсутствует. Оно заменяется критериями похожести. Отметим, кстати, общность такого подхода с диалектикой.

В теории распознавания сформировались свои понятия и термины.

1. *Обучение* — процесс, в результате которого система становится способной отнести предъявляемый (экзаменуемый) объект, как правило, искаженный (зашумленный), к определенному классу объектов обучающего множества, т.е. распознать объект.

2. *Обучающее множество* — набор известных прецедентов, объектов и/или явлений, формируемый с определенной целью. Например, если цель — диагностировать вид сердечного заболевания, то пациенты, страдающие желудком, в обучающее множество не входят.

3. *Признаки* — качественные или количественные характеристики объектов, которые могут принимать как непрерывные значения, так и дискретные. Их совокупность образует пространство признаков. Предъявление объекта (образа) — перечисление значений признаков данного объекта.

4. *Классификацией* называется разделение рассматриваемой совокупности объектов на однородные (в определенном смысле) группы (классы). Как правило, соблюдается иерархия классов. В первом, грубом приближении выделяется небольшое число классов, сильно отличающихся друг от друга. Затем каждый из них разделяется на группы (классы), отличия между которыми менее выражены, и т. д.

5. *Конъюнкции* — сочетания признаков, характеризующие данный класс объектов.

6. *Внимание* — использование сторонней (или предшествующей) информации при выделении наиболее значимых признаков и конъюнкций. Оно существенно ускоряет процесс распознавания, однако если сто-

Малков С.Ю., Малков А.Г. Борьба условных информаций // Биофизика. 2002. (в печати); Чернавский Д.С., Чернавская Н.М., Малков С.Ю., Малков А.С. Математическое моделирование геополитических процессов // Стратегическая стабильность. 2002, № 1. С. 60-66.

²⁵ Чернавский Д.С., Карп В.П., Родштат И.В., Никитин А.П., Чернавская Н.М., Распознавание, аутодиагностика, мышление. М. Радиофизика (в печати).



ронняя информация ложна (является дезинформацией), то это может привести к ошибочному диагнозу.

7. *Подтверждение* (перепроверка) — многократное распознавание с использованием дополнительной информации и сравнение результатов. Подтверждение замедляет процесс и используется в случае, когда результат особенно ответственен.

8. *Решающее правило* — алгоритм, позволяющий отнести данный объект к определенному классу и, таким образом, прогнозировать его поведение.

В принципе существуют два пути решения задачи распознавания.

Первый — накопить обучающее множество (т.е. опыт), определить признаки объектов и провести классификацию. В принципе этого вполне достаточно для того, чтобы «распознать» экзаменуемый объект. Такой путь можно назвать интуитивным распознаванием. Именно так поступают опытные врачи и при этом ставят правильный диагноз, но часто не могут объяснить, как они его сформировали. Недостаток этого пути в том, что накопленные таким образом знания невозможно передать другим людям.

Второй путь — распознавание на основе решающего правила. Если оно известно, то отпадает необходимость использовать обучающее множество, проводить классификацию и т. д. Решающее правило можно передать другим людям, заставить их «выучить» его, и тогда они будут способны решать задачи распознавания. Правда, для этого оно должно быть формализовано, т.е. выражено на общепринятом (в данном социуме) языке, либо словесном, либо математическом. Этот путь можно считать логическим распознаванием. Связующим звеном двух путей является формулировка решающего правила. Это делается на основе опыта и интуиции, а окончательный выбор формы решающего правила — акт творчества, т.е. генерации новой информации. После этого, т.е. при логическом распознавании, творчество отсутствует.

Важно отметить, что и логический и интуитивный пути распознавания могут быть описаны и исследованы математическими моделями. Более того, сейчас уже построены специальные компьютеры — т.н. нейропроцессоры, в которых реализуется интуитивное распознавание. Такие компьютеры способны к обучению, классификации и распознаванию экзаменуемого объекта. Таким образом, математические модели интуитивного распознавания уже существуют. Вопрос о том, можно ли построить математическую модель (или нейрокомпьютер), способную формулировать решающее правило, пока остается открытым. На наш взгляд, принципиальных препятствий на этом пути нет. Разумеется, такая динамическая модель должна содержать все этапы творческого процесса: перемешивающий слой, выбор формы правила и т. д. Описать их она может, но предсказать заранее конечный результат такая математическая модель не сможет по упомянутым выше причинам.



Из изложенного следует, что распознавание имеет много общего с процессом научного творчества. Из этой аналогии следует, что индуктивный путь познания является основой для логического и к последнему отнюдь не сводится. При этом «обучающее множество» подобно набору эмпирических данных, «классификация» — разделению их на похожие группы, и «решающее правило» — теории (словесной или математической). Оно включает формулировку аксиом и алгоритм операций в их рамках, т.е. воспринимается как «закон природы».

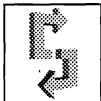
Здесь уместно вернуться на 200 лет назад. Во времена Гегеля такие понятия, как «информация», «распознавание», не были в употреблении. Однако Гегель был близок к их формулировке. По его мнению, «истинная наука не есть ни извне приходящая обработка данного материала, ни простое констатирование общей идеи по поводу частных явлений: наука есть самотворчество разума»²⁶. На современном языке слова «самотворчество разума» следует понимать как генерацию информации, приводящей к решающему правилу. Во времена Гегеля мысль о том, что акт творчества, в принципе интуитивный, может быть описан математически, казалась кошунственной. Необходимый для этого аппарат тогда еще не был создан. Сейчас, в начале третьего тысячелетия, он уже есть — в этом главная разница.

4. О СИНЕРГЕТИКЕ

Упомянутые выше новые направления объединяют под общим названием — синергетика. Часто можно слышать, что это новая наука или новое направление в философии. Название «синергетика» было предложено Г. Хакеном и означает в переводе с греческого «совместное действие». Синергетика не имеет своего предмета исследования и в этом смысле отличается от других предметно-ориентированных наук. Синергетика охватывает множество однотипных явлений, как в естественных, так и в гуманитарных науках. Цель синергетики — объединение наук. Метод синергетики — теория динамических систем, включая неустойчивость, хаос и пр., т.е. практически вся современная математика. Выйти за рамки этого метода синергетика не может, ибо тогда она потеряет почву и превратится в одно из многих сейчас чисто вербальных околонучных направлений. Поэтому синергетику нельзя считать и новой философией, поскольку методология философии все же шире математики. На наш взгляд, синергетика является математической базой диалектики, той самой, которой до последнего времени так не хватало.

Появление синергетики означает новый этап в развитии науки. Если воспользоваться триадой Гегеля, то науку, основанную на картезианстве,

²⁶ Цит. по: Соловьев В. Гегель // Энциклопедический словарь Ф.Н. Брокгауза и И.А. Эфрона. М., 1892, т. 15. С. 217.



можно принять как «тезис». Диалектика (без математики) по существу явилась «антитезисом» картезианству. Диалектику, основанную на современной математике, можно считать «синтезом». При этом во времена Ренессанса (когда господствовал «тезис»), наука была едина. Во времена «антитезиса» наука распалась на ряд дисциплин, порою взаимно противоречивых. Во времена «синтеза», в настоящее время, следует ожидать, что наука снова станет единой, т.е. произойдет интеграция наук. Однако период «синтеза» наук еще только начинается. Наука еще не вышла из перемешивающего слоя, горизонт временного прогнозирования еще не велик, и о конечном результате можно судить лишь интуитивно. Отметим, что синтез никогда не бывает односторонним. Так, математика, внедряясь в диалектику, заставляет пересмотреть и уточнить ряд понятий. С другой стороны, синергетика уже ставит перед математикой и логикой ряд задач, из которых следует, что некоторые математические аксиомы тоже могут и должны быть подвергнуты ревизии²⁷.

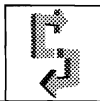
Мы не касались здесь вопроса о связи диалектики с религией. Сам Гегель трактовал понятие «Бог» достаточно широко и, скорее, отождествлял его с «Природой». Дискуссии разгорелись позже, в середине XIX в., среди последователей Гегеля. Одни из них отрицали существование Бога — так возник диалектический материализм. Другие оставались на «идеалистических позициях». Мы не причисляем себя ни к воинствующим атеистам, ни к богословам. Полагаем, что научные проблемы люди должны решить сами, не взваливая их на Всевышнего и не поминая имени Его всуе. В предлагаемой публикации мы старались следовать этому положению.

5. ИНТЕГРАЦИЯ НАУК

Вернемся к теории распознавания. Логическое распознавание на основе решающего правила ведет к верному результату, если экзаменуемый субъект принадлежит обучающему множеству. В противном случае получается либо отказ от диагноза, либо ошибка. Во избежание этого необходимо расширять обучающее множество (или провести его интеграцию с другим множеством) и формулировать новое обобщенное решающее правило. Для последнего необходимо пройти весь интуитивный путь его построения.

В современной науке, разделенной на дисциплины, каждое обучающее множество ограничено, и следовательно, решающее правило тоже. Иными словами, в каждой науке имеются свои аксиоматики, т.е. свои «законы природы». При интеграции наук они часто вступают в проти-

²⁷ См.: Чернавский Д.С., Намиот В.Л. О логико-методологических аспектах явления неустойчивости // Философия науки. М., 2002, вып. 8. С. 74.



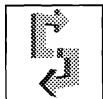
воречие. Тогда нужно, изучив обе области, сформулировать интуитивным путем новый общий «закон природы». В последние 200 лет такие случаи встречались не часто, и каждый из них воспринимался как акт научного творчества. Примеры таких открытий, основанных на интеграции наук, приведены и проанализированы в упомянутой книге В.С. Степина, а также в наших работах. В этих примерах можно усмотреть общее: процесс научного творчества протекает в соответствии с упомянутой выше триадой. Применительно к данному случаю, она выглядит следующим образом.

Первая стадия — динамическая. При этом достижения одной науки используются в другой без изменения аксиоматики. На этом этапе уместно использовать логический подход, соответствующий этой аксиоматике — картезианскую методологию. Вторая стадия — столкновение противоречивых аксиом, формулировка парадокса, логическое разрешение которого невозможно. Согласно теории распознавания, здесь необходимо вернуться к исходным позициям, пройти весь путь интуитивного познания, выбрать и сформулировать новую, более общую систему аксиом (новое решающее правило). Именно на этом этапе (точнее, в конце его) имеет место акт научного творчества и в рамках новой аксиоматики парадокс разрешается. Именно на этом этапе неизбежно возникает перемешивающий слой. Третья стадия — динамическая, она состоит в использовании новой аксиоматики для решения конкретных задач, лежащих на стыке дисциплин.

Приведем в пример интеграцию механики и термодинамики, который уже вошел в историю.

Первая стадия — построение молекулярной теории газов, что не противоречило ни механике, ни термодинамике. На этом этапе Максвеллом было выведено (чисто логическим путем) распределение молекул по скоростям.

Вторая стадия — «вывод» Больцманом закона необратимого возрастания энтропии. Для этого Больцман использовал модель — соударение массивных шаров в плоском бильярде без трения (т.н. бильярд Больцмана). На самом деле «вывод» был логически некорректным, поскольку в нем использовалась дополнительная гипотеза молекулярного хаоса (т.н. эргодическая гипотеза). Здесь столкнулись две аксиомы: второе начало термодинамики, где постулировалась необратимость во времени, и временная симметрия законов Ньютона. Возник парадокс: с одной стороны, соударение шаров должны подчиняться законам Ньютона, с другой — необратимость процессов в бильярде Больцмана (и рост энтропии) — неоспоримый факт. Эргодическая гипотеза в работах Больцмана выглядела не как логическое следствие, а как интуитивный творческий акт — прямое усмотрение истины. Однако оставался вопрос: в каких механических системах эргодическая гипотеза справедлива, и в каких — нет. Перемешивающий слой длился почти полвека. Выход из него был найден в работах Крылова



и Синая²⁸, основанных на анализе устойчивости механических движений. Прежняя система аксиом механики была дополнена еще одной, которую можно сформулировать в виде: в глобально неустойчивых процессах молекулярный хаос возникает с неизбежностью. В таких системах эргодичность является не гипотезой, а следствием неустойчивости. При этом можно прогнозировать поведение средних величин, но не траекторий отдельных молекул. Усредненные величины — давление, температура и энтропия — подчиняются иным, немеханическим, законам, которые, однако, можно логически вывести из законов механики с учетом эргодичности, т.е. в рамках расширенной аксиоматики.

Третья стадия — «синтез» — наступила сравнительно недавно. Сейчас и механика и термодинамика объединены в одной науке, включающей и динамический хаос. У людей, участвующих в творческом процессе, перемешивающий слой играет особую психологическую роль. Непосредственно перед актом творчества человек оказывается в состоянии повышенной эмоциональности, неуверенности, короче, переживает то, что называется муками творчества. В конце перемешивающего слоя наступает «момент истины», или «озарение», и человек принимает решение.

В книге Б.М. Кедрова «День великого открытия»²⁹ описано состояние Д.И. Менделеева в момент создания таблицы элементов. Несколько слов о предыстории открытия. Таблица Менделеева тоже результат интеграции информации, но не из разных наук, а, скорее интеграции знаний внутри одной науки — химии. Свойства элементов в то время были уже достаточно хорошо изучены. Однако классификация элементов по признакам еще не была проведена. На языке теории распознавания задача заключалась в объединении знаний в форме решающего правила, которое позволило бы по номеру элемента в таблице воспроизвести почти все его химические свойства, не обращаясь к первичным данным. Эта задача могла быть решена только интуитивным путем.

Попытки классификации атомов, как самого Менделеева, так и его предшественников долго не приводили к успеху. Трудности состояли в том, что в таблицах появлялись пустые места, а некоторые элементы (лантаниды) по химическим свойствам были столь близки, что разнести их в разные места казалось нелогичным. Иными словами, перемешивающий слой затягивался, но тут настал знаменательный день.

Этот день, согласно Б.М. Кедрову, выдался для Менделеева очень хлопотливым и нервным. Нужно было сделать много разных дел и, в частности, написать заключение к «Началам химии». Сроки сдачи рукописи прошли, издатель был суров и на отсрочку не соглашался. Д.И. Менделеев вернулся домой поздно, так и не доделав половины дел. Осознав это,

²⁸ Крылов Н.С. Работы по обоснованию статистической физики, М., 1950; Аносов Д.В., Синай Я.Г. Успехи математических наук, 1967, т. 22, вып. 5. С. 107-128.

²⁹ Кедров Б.М. День одного великого открытия. М., 1958.



Дмитрий Иванович заплакал (о чем свидетельствуют следы слез на дневнике). Затем, поняв, что выхода нет, решил, что лучшим заключением к «Началам» будет таблица элементов, ... и создал ее.

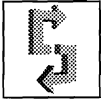
Какую роль здесь сыграл перемешивающий слой? Ответ прост: таблица получилась не без логических изъянов. Водород и гелий не входили в октаву, часть клеток была пуста, зато лантаниды были помещены в одну клетку. В спокойном состоянии Менделеев, возможно, не решился бы опубликовать столь нелогичную таблицу. Однако, будучи в безвыходном положении, принял следующее решение. Во-первых, водород и гелий в таблице выглядят симметрично и красиво и на интуитивном уровне это уже оправдание. Во-вторых, недостающие элементы в пустых клетках когда-нибудь откроют — предсказание очень смелое, но другого выхода нет. В-третьих, почему лантаниды в одной клетке — в будущем объяснение найдется, но помещать их в разные клетки нельзя, поскольку их химические свойства близки. Впоследствии прогнозы Менделеева оказались правильными. Таким образом, создание таблицы Менделеева — шаг смелый и основанный на интуиции, т. е. настоящий творческий акт.

В социальном плане перемешивающий слой тоже играет важную роль в восприятии научного открытия. В данном случае «момент истины» зависит от состояния самого научного общества. Даже гениальные идеи, высказанные преждевременно, воспринимаются как «сресь». Таких примеров, к сожалению, много как в истории науки, так и в наши дни. Те же идеи, высказанные с запозданием, трактуются как банальность. Важно подчеркнуть, что эти свойства не есть следствия несовершенства рода человеческого (включая ученых), это объективные свойства развивающихся систем, в том числе и науки.

Тема обсуждаемой работы тоже является примером интеграции наук: теории распознавания и науки о мышлении. Первая относится к точным наукам, вторая — к гуманитарным. Их аксиоматики различаются, хотя сформулировать суть отличия не легко. Главная причина в том, что в гуманитарных науках аксиомы формулируются вербально, что допускает различные их толкования. Поэтому здесь следует говорить не об аксиомах, а о принятых в обществе убеждениях (предраассудках), таких как:

- точные науки основаны на логике и из ее рамок выйти не могут;
- мышление, особенно интуитивное (включая творчество) выходит за рамки логики и совершается в «сфере духовной».

В результате интеграции выясняется, что первое положение не соответствует действительности. Что касается второго, то само понятие «духовная сфера» нуждается в уточнении и ревизии, после чего разногласия снимаются. Однако в целом интеграция точных, естественных и гуманитарных наук еще далеко не завершена и для достижения «синтеза» еще многое предстоит сделать.



6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В эволюции науки мы находимся сейчас в перемешивающем слое, но уже близки к выходу из него. Некоторое время тому назад (примерно 50 лет) в науке решался вопрос и делался выбор между двумя вариантами. Первый — дробление науки на множество узко направленных дисциплин, в каждой из которых решаются определенные задачи, представляющие потребительский интерес. В этом варианте фундаментальные науки и философия также могут быть востребованы, но не более, чем развлечения типа шахматной игры. Такой вариант не исключен. Но наука тогда превратится в ремесленничество. Второй вариант — интеграция наук и возвращение времен Ренессанса, или, в терминологии В.С. Степина, универсализма, но на новом, более высоком уровне. На этом пути предстоит решить ещё много парадоксов и подвергнуть ревизии много казалось бы незыблемых (в рамках отдельных дисциплин) положений. Для этого нужна прочная методологическая база, и в этом случае философия займет в науке подобающее ей лидирующее положение, а синергетика будет служить методической опорой.

На наш взгляд, «момент истины» уже наступил, и выбор сделан в пользу второго варианта — так, во всяком случае, хочется верить авторам.