

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1974

ЕЖЕГОДНИК 1974

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАУКИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

ИНФОРМАТИКА И ТЕОРИЯ СИСТЕМ

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЕЖЕГОДНИК

1974



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1974

USSR ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE FOR THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

SYSTEMS RESEARCH

YEARBOOK

1974



PUBLISHING HOUSE «NAUKA»

MOSCOW 1974

«Ежегодник» охватывает вопросы применения системного подхода к науковедению, а также системных исследований в различных областях естествознания (биологии, географии и др.). В нем публикуются оригинальные исследования советских авторов, посвященные возникшим в последнее время и наиболее актуальным сферам применения системного подхода. Особое внимание уделено междисциплинарным проблемам, смежным с теорией систем и информатикой, а также истории развития системного подхода.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**И. В. БЛАУБЕРГ, В. П. ЗИНЧЕНКО, В. Ж. КЕЛЛЕ, В. А. ЛЕКТОРСКИЙ,
А. А. МАЛИНОВСКИЙ, Д. А. ПОСПЕЛОВ, В. Н. САДОВСКИЙ,
А. Л. ТАХТАДЖЯН, А. И. УЕЛОВ, К. М. ХАЙЛОВ, Э. Г. ЮДИН**

ПРИНЦИП ИСТОРИЗМА В ЕГО ПРИЛОЖЕНИИ К СИСТЕМНОМУ АНАЛИЗУ РАЗВИТИЯ НАУКИ

Б. М. КЕДРОВ

Структурный подход предполагает в ряде случаев наличие готовых, не подвергающихся в ходе анализа дальнейшим изменениям элементов с готовыми взаимными их связями. Если впоследствии меняются элементы или их взаимные связи, то для вновь возникшей системы проводится заново такой же анализ, как и для предыдущей системы. Это позволяет оперировать способом анализа, аналогичным комбинаторному способу. Мы попытаемся показать, что анализу может быть подвергнута система, состоящая из непрерывно изменяющихся элементов, связи между которыми также изменяются, но по неизменным законам. В соответствии с этим возникает необходимость сочетания структурного и генетического подходов к системному исследованию изучаемого предмета. Для создания и совершенствования подобного способа большую методологическую помощь может оказать учение о развитии, которое было разработано Марксом, Энгельсом и Лениным.

Этот способ, сочетающий в себе структурный и генетический подходы, может быть применен и к истории науки как сложной развивающейся системе.

Исходные положения и символика

Назовем системой определенную совокупность элементов (вещей, свойств, признаков, понятий, словом, любых дискретных образований материального или духовного характера), находящихся в определенной взаимосвязи, которая придает данной совокупности целостный характер. Системным анализом назовем такой способ рассмотрения данной нам системы, при

котором состояние, свойства и особенности ее могут быть выведены из состояния, свойств и особенностей ее элементов и закона связи между ними, причем элементы и закон связи считаются известными.

Другими словами, задача системного анализа состоит в том, чтобы построить изучаемую систему из ее элементов, исходя из знания того, как они связываются между собой.

Назовем формальным (или абстрактным) такой подход, который отвлекается от процесса развития и сводится к фиксации различных состояний системы как готовых, данных. В этом случае можно сравнивать то, что было раньше, с тем, что наступило сейчас, но нельзя проследить, как из одного возникает другое, нельзя вскрыть самый «механизм» превращения одного в другое. Различные состояния системы *сополагаются* одно рядом с другим, но не *выводятся* одно из другого. Между тем, в тех случаях, когда речь идет о *развивающихся* предметах, которые можно представить себе в виде систем, формальный подход оказывается бессильным. Самое большое, что он может дать, это внешнее сопоставление *результатов* движения, но не самый его ход, не процесс, т. е. не само *движение*. Решение таких задач возможно только на основе *принципа историзма*, который является стержнем диалектической логики. Но история есть *связь* во времени отдельных фаз развивающегося предмета, чем она и отличается от соположения различных форм, которые представляют собой разделенные в пространстве различные фазы развития определенного вида предметов. В этом смысле связь сосуществующих форм в пространстве («история в пространстве») в принципе соответствует связи последовательно возникающих фаз, или ступеней, развития данного предмета во времени («истории во времени»).

Таким образом, принцип историзма получает более широкую трактовку, предполагая соответствие между процессом развития во времени (генетическим его аспектом) и взаимосвязью сосуществующих форм внутри некоторого целостного образования (структурный его аспект).

В «Лекциях по истории философии» Гегель писал: «Истинная диалектика ничего не оставляет от самого предмета, так что он оказывается недостаточным не только с одной какой-либо стороны, но распадается целиком...» [2, стр. 233].

В связи с диалектическим пониманием развития и самого принципа историзма В. И. Ленин писал в «Философских тетрадях»: «Если все развивается, значит все переходит из одного в другое, ибо развитие заведомо не есть простой, всеобщий и вечный *рост, увеличение* (respective уменьшение) etc.— Раз так, то во 1-х, надо *точнее* понять эволюцию как возникновение и уничтожение всего, взаимопереходы.— А во 2-х, если *все* развивается, то относится ли сие к самым общим *понятиям* и *категориям* мышления? Если нет, значит, мышление не связано с быти-

ем. Если да, значит, есть диалектика понятий и диалектика познания, имеющая объективное значение» [1, стр. 229].

К этому материалистическому толкованию принципа историзма Ленин сделал чрезвычайно важное добавление, касающееся взаимосвязи двух принципов диалектики — принципа развития и принципа единства: «Кроме того, всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи etc» [1, стр. 229].

Реализовать совмещение указанных двух принципов диалектики и входит в нашу задачу применительно к системному анализу. Обычно структурный подход исходит из второго принципа, причем система трактуется как внутренне единое, целостное образование. Между тем, всякое такое образование есть результат предшествующего развития, зафиксированного в какой-то определенный момент времени. Поэтому можно и нужно уметь взглянуть на каждую данную нам систему с точки зрения ее возникновения и развития, совмещая тем самым принцип единства (структурный подход) с принципом развития (генетическим подходом).

Оба рассмотренные выше подхода — структурный и генетический — могут пользоваться особой символикой, которая позволяет рассматривать анализируемые системы и их элементы в обобщенном виде. Гегель в принципе не был против употребления символов, но он возражал против всякой символики в тех случаях, когда она использовалась в качестве удобного средства обойтись без того, чтобы охватить, указать, оправдать *определения понятий*. А именно в таком их определении (т. е. в раскрытии их содержания) он видел задачу философии, что и отметил Ленин в «Философских тетрадах» [1, стр. 108].

Памятуя это предупреждение, воспользуемся символами лишь как сокращениями слов в целях оперирования соответствующими выражениями, но не для подмены символикой смысловой стороны дела. Введем понятия большой системы и малых систем как ее подсистем. Большую систему будем обозначать буквой *S*, а малую буквой *s*. Отсюда

$$S = [s_1, s_2, s_3, \dots], \quad (1)$$

где квадратные скобки указывают на определенную связь (ее тип), соединяющую все подсистемы в единую систему.

Условимся теперь ставить прямую черту над символом в тех случаях, когда речь идет об изменяющейся системе ($\bar{S}$) или подсистеме ($\bar{s}$), при сохранении закона связывания подсистем в данную систему. При этом следует учесть, что в ходе развития может произойти увеличение числа подсистем за счет появления новых (например, путем деления одной подсистемы на несколько новых) или же, напротив, уменьшения их числа за счет исчезновения одной или нескольких прежних подсистем.

Представим себе, что некоторая система, находясь в состоянии изменения и развития, последовательно проходит различные стадии или фазы.

Допустим, что в некоторый начальный (первый) момент эта система может быть выражена как ее фаза $\bar{s}^I$, в следующий (второй) момент — как ее же фаза $\bar{s}^{II}$, затем — как ее фаза $\bar{s}^{III}$ и т. д. Примем теперь, что большая система $\bar{S}$, находящаяся также в состоянии изменения и развития, образована совокупностью последовательных фаз, которые одну за другой проходит одна и та же развивающаяся система, причем каждая ее фаза играет роль отдельного элемента (подсистемы) большой системы $\bar{S}$. Тогда получим:

$$\bar{S} = [\bar{s}^I, \bar{s}^{II}, \bar{s}^{III}, \dots]. \quad (2)$$

Выражение (2) означает, что под большой системой $\bar{S}$ в данном случае понимаются все последовательные состояния какой-либо развивающейся системы от ее начального до ее конечного состояния включительно.

Допустим, что закон изменения данной большой системы на протяжении всего разбираемого нами процесса развития остается неизменным.

Каким же образом связываются между собой две последовательные (смежные) фазы в данном процессе развития подсистемы $\bar{s}$, например, $\bar{s}^I$ и $\bar{s}^{II}$? Очевидно, если за это время не произошло коренного изменения в самом развивающемся предмете, то можно положить, что последующая фаза $\bar{s}^{II}$ содержит в себе основу предшествующей фазы $\bar{s}^I$, но уже претерпевшей некоторое изменение.

Соответственно этому в тех пределах, в каких предмет не испытывает качественного изменения, большую систему $\bar{S}$ можно представить как совокупность малых систем (подсистем), связанных между собой, согласно формуле (2), в последовательный ряд изменений данного предмета.

Теперь попытаемся в порядке первого приближения применить предлагаемый нами способ к анализу истории науки как системы. Но для этого сначала надо рассмотреть саму науку как систему, образованную из ряда элементов (подсистем).

Наука как предмет системного анализа

Если принять, что наука есть система взаимосвязанных между собой элементов, то возникают прежде всего два вопроса: каковы ее элементы? какова связь между ними, обуславливающая целостность и внутреннее единство науки как системы?

Элементы науки могут быть различными в зависимости от того, какой аспект мы выберем для ее рассмотрения. В основном такие аспекты могут быть трех родов: 1) *предметные*, когда учитывается объект научного познания, 2) *методологические*,

когда учитывается способ, каким познается истина, и 3) *субъективно-целевые*, когда учитывается конечная практическая цель, ради которой предпринимается научное исследование. Эти три аспекта, в каких может анализироваться наука, отвечают на три вопроса, которые ставятся перед исследователем: 1) *что* (познается)? 2) *как* (познается)? и 3) *зачем*, для чего (познается)?

При ответе на эти три вопроса получаются различные элементы науки, которые мы сейчас коротко и разберем.

1) *Что?* Отвечая на этот вопрос, мы получаем предметный разрез науки, выраженный в ряде наук, характер которых определяется в первую очередь природой самого предмета исследования. В этом случае под наукой следовало бы понимать систему естественно-математических и гуманитарных (общественных, психологических и философских) наук. В зависимости от того, как членится сам предмет изучения (объект исследования), соответствующие науки могут быть более широкими и общими и более узкими и частными.

Обозначим естественно-математические науки через S с индексом nat : S_{nat} . В свою очередь, они членятся на более мелкие подсистемы (или элементы): математику (Ma), механику (Me), астрономию (As), физику (Ph), химию (Ch), биологию (Bi) и другие. Между этими научными отраслями стоят переходные или промежуточные науки (междисциплинарные направления). К числу наук, стоящих между естественными и математическими науками, относится кибернетика.

Гуманитарные науки тоже подразделяются на различные подсистемы; одни из них касаются общества — социальные или социально-экономические науки (Soc), другие — духовной жизни человека — философские (Phi) и психологические (Psy) науки. В свою очередь, социальные науки подразделяются далее на исторические, включающие археологию и этнографию, и другие.

Согласно формуле (1), можно тогда представить науку как систему, образованную из подсистем различной степени общности, вплоть до отдельных наук и их подразделений.

2) *Как познается?* В предыдущем случае речь шла о чисто объективных признаках, присущих самому предмету исследования; все субъективное, зависящее хотя бы в малейшей степени от наблюдателя, здесь элиминировалось. При ответе же на второй вопрос мы получаем методологический разрез науки, выраженный в ряде научных дисциплин, каждая из которых представляет собой некоторую ступень познания одного и того же предмета (объекта). При этом мы сосредоточиваем внимание на внутренней структуре научного знания, которая включает в себя все ступени познания, идущего к истине, открывающего ее и овладевающего ею. Ленин писал, что диалектический путь познания *истины*, познания объективной реальности идет

от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике.

Непосредственное созерцание, абстрактное мышление и практика — это такие ступени познания, которые зависят от самого субъекта. Однако в конечном счете они определяются также объективной природой самого предмета — наличием у него его внутренней и внешней сторон — внутренней сущности, скрытой от непосредственного восприятия, которую способно уловить лишь абстрактное мышление, и ее внешнего проявления, которое улавливается чувственным познанием.

Вопрос о том, каким образом познается предмет, включает в себя уже не только объективный, но и субъективный момент, но этот момент носит здесь еще вполне подчиненный характер. Что же касается практики, то в ней субъективный момент выступает еще более заметно, ибо цель, которую человек преследует в своей практической деятельности, связана с его собственными интересами, вытекает из его потребностей. Но и эта цель в конечном счете определяется объектом, его законами, его характером, так что и здесь объект в конечном счете оказывается детерминирующим фактором.

3) *Для чего познается?* Отвечая на третий вопрос, мы получаем целевой (практический) аспект науки, выраженный опять-таки последовательным рядом научных отраслей и дисциплин, приближающих человека от стадии познания истины самой по себе к стадии практического использования результатов познания. Ответ на этот третий вопрос, как уже говорилось выше, в еще большей степени, чем ответ на второй вопрос (как?), предполагает участие заинтересованного в этом ответе субъекта. Если ближайшая цель науки — познание истины, то ее конечная цель — использование этой истины (знания о ней) на практике, для удовлетворения интересов человека.

Здесь тоже имеется своя последовательность при достижении поставленной практической цели: сначала речь идет о «чистых», или фундаментальных науках, которые соответствуют первому (предметному) аспекту науки.

Следующей ступенью к достижению поставленной практической цели служит подсистема прикладных наук, где впервые выявляется практическая направленность научного знания и ставится вопрос о том, для каких целей могло бы быть использовано достигнутое знание. Прикладные науки обозначим через S с индексом app : S_{app} .

Дальше следуют технические науки, ставящие своей задачей не только выяснение, для каких целей может быть использовано полученное знание, но и каким путем, какими средствами его использование может быть осуществлено. Речь идет здесь о техническом освоении знаний, о техническом изобретении соответствующих способов их использования, что мы обозначим через S с индексом tec : S_{tec} .

Технические науки занимают промежуточное место между социальными и естественными, так как цели, которые они ставят перед собой, определяются социальными отношениями, а их достижимость — природными законами. Гегель писал: «Таким образом, механическая или химическая техника по характеру своему, состоящая в том, что она определена извне, сама отдает себя на службу отношению цели...» [3, стр. 197].

По этому поводу Ленин записал, перелагая на язык материализма предыдущую мысль Гегеля: «ТЕХНИКА МЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ потому и служит целям человека, что ее характер (суть) состоит в определении ее внешними условиями (законами природы)» [1, стр. 170].

Тут же Ленин провел два сопоставления, указывающие на положение технических наук (изучающих технику) между естествознанием (изучающим природу, объективный мир) и общественными науками (изучающими цели человека, его общественно-историческую практику): «ТЕХНИКА и ОБЪЕКТИВНЫЙ мир, ТЕХНИКА и ЦЕЛИ».

Наконец, звеном, замыкающим данную цепь движения человека к осуществлению своих практических целей, служит само производство, промышленность, где технически освоенное знание получает массовое внедрение и тем самым служит удовлетворению потребностей человека.

Наука (в данном случае естествознание) в этом ее перевоплощенном, овеществленном виде выступает как достигнутая практическая цель. Поскольку это осуществляется в процессе производства, введем соответственно обозначение данной (конечной) стадии через S с индексом прог: $S_{\text{про}}$.

Особенностью разбираемой связи науки с техникой и производством является то, что здесь раскрывается еще одна, причем самая сложная и важная — высшая ее функция — производственно-практическая. Разумеется, наука всегда служила и служит практике: практикой она была порождена с самого начала, практикой она движется вперед в своем развитии, на практике проверяется правильность достигнутого наукой и в практике реализуются ее результаты.

Новое заключается в том, что в современных условиях в сферу объектов природы, используемых в производстве, вступают такие объекты, с которыми человек до сих пор не имел дела и которые поэтому требуют предварительного всестороннего чисто научного их изучения для того, чтобы в дальнейшем был бы найден путь для их использования. Так было в случае овладения атомной энергией, затем в случае кибернетики, космонавтики, лазерной техники и т. д.

Производственно-практическая функция науки есть прямое выражение того факта, что в современном обществе наука все более полно превращается в непосредственную производительную силу. Эта функция сходна с действием бурового инстру-

мента, просверливающего отверстие в горной породе и тем самым прокладывающего путь для человека. Соответственно этому разбираемую функцию науки я предложил назвать «буровой» в отличие от прогностической, которая образно сравнивается с «компасом».

Связь между всеми четырьмя подсистемами носит исторический и вместе с тем логический характер: речь идет о последовательности развития мысли и действий человека, направленных сначала на поиски и раскрытие истины, а затем на овладение ею и применение ее для удовлетворения практических потребностей человека, его интересов, его целей. Такая связь может быть выражена в виде квадратных скобок, причем стрелка указывает направление развития мысли и действий человека.

Более конкретно и более детально может идти речь о движении мысли и действий человека от чистой (фундаментальной) науки (в данном случае естествознания S_{nat}) к прикладному знанию (S_{app}), далее к техническому изобретению и освоению достигнутого знания законов природы и свойств ее тел (что выражено как S_{tec}) и к производственному внедрению достижений науки и техники (S_{pro}):

$$S = [S_{nat}, S_{app}, S_{tec}, S_{pro}]. \quad (3)$$

Эта формула (3) в первом приближении, но достаточно полно для первого подхода к постановке и решению данной проблемы, позволяет отразить науку всесторонне как по ее специфическому содержанию, так и по ее особому месту в жизни и развитии общества.

Стрелка под первой скобкой указывает и здесь направление развития мыслей и действий человека от поисков истины (S_{nat}) через ряд промежуточных ступеней (S_{app} , S_{tec}) к овеществлению познанной истины в производстве (S_{pro}).

Попытка анализа науки как развивающейся системы

Уже в формуле (3) наука рассматривается фактически как динамическая система, поскольку в ее основе лежит представление о *движении* мысли и действия человека от одной стадии к другой, т. е. о движении человека к достижению определенной практической цели. Это касается науки на современном этапе ее развития, когда она выступает в достаточно зрелой и развитой форме, развернув все свои главные функции.

Попробуем теперь представить одну из отраслей знания в виде развивающейся системы, где отдельными ее элементами (подсистемами) будут последовательные фазы ее собственного развития. Возьмем в качестве примера философию.

Философия. Философия зародилась как единая наука, включавшая в себя зачатки всех остальных знаний о внешнем мире (природе и обществе) и о духовной жизни человека, прежде всего о его мыш-

лении. Обозначим эту начальную ее фазу как $\bar{S}'_{\text{phl}}$. В конце античности наметилось отпочкование от этой единой науки, где все отрасли знания находились под эгидой философии, первой группы наук — математических (математики, механики и астрономии), что обозначим символом $\bar{S}^{\text{II}}_{\text{phl}}$. В эпоху Возрождения этот процесс усилился и в XVI—XVII вв. отпочкование этой группы наук завершилось, что выразим так: $\bar{S}^{\text{III}}_{\text{phl}}$.

Во второй половине XVII в. от прежде единой философской науки отпочковались физика и химия, что обозначим как $\bar{S}^{\text{IV}}_{\text{phl}}$, а в XVIII—XIX вв. — геология и биология, что обозначим как $\bar{S}^{\text{V}}_{\text{phl}}$. В XIX в. произошло отпочкование антропологии и, в особенности, социально-экономических, исторических наук, что выразим так: $\bar{S}^{\text{VI}}_{\text{phl}}$.

Наконец, уже в XX в. от прежней философии отпочковались науки о человеческой психике, о мышлении человека — психология и формальная логика (последняя слилась с математической логикой, которая с самого своего возникновения стояла уже вне философии). Это состояние философии можно изобразить символом $\bar{S}^{\text{VII}}_{\text{phl}}$.

В итоге, согласно формуле (2):

$$\bar{S}_{\text{phl}} = [\bar{S}^{\text{I}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{II}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{III}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{IV}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{V}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{VI}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{VII}}_{\text{phl}}]. \quad (4)$$

Здесь современная передовая философия выступает как итог, сумма, резюме всего ее предшествующего развития, как обобщенный вывод из всей ее предыдущей истории. Но формулу (4) можно рассматривать и как *историю* философии ($\bar{S}_{\text{phl}}$), как единую подсистему философской науки, которая в свою очередь выступает как подсистема научного знания.

Каков же тип связи между подсистемами, заключенными здесь в квадратные скобки? Он определяется тем, что, во-первых, происходит постоянное отпочкование от прежде единого научного знания, представленного философией, одних частных наук за другими. Обозначим такой тип связи многоточием, стоящим под первой квадратной скобкой. Во-вторых, совершалось не только сужение объема предмета философии в результате отпочкования постороннего для самой философии материала частных наук, но и расширение ее собственного предмета за счет включения в него новых проблем диалектики, логики и теории познания. Обозначим это знаком «больше» ($>$), ставя его под второй квадратной скобкой.

В итоге получаем для истории философии как особой подподсистемы науки, находящийся в состоянии развития и изменения, следующее выражение:

$$\bar{S}_{\text{phl}} = [\bar{S}^{\text{I}}_{\text{phl}}, \bar{S}^{\text{II}}_{\text{phl}}, \dots]_{>} \quad (5)$$

Закономерность, с какой совершался и совершается процесс развития философии, мы для простоты принимаем постоянной на протяжении всей истории, выражая это указанными двумя

индексами, стоящими под квадратными скобками:... и $>$. Но строго говоря, в ходе развития философии менялся и тип связи между последовательно возникающими ее фазами, так что при более строгом проведении принципа историзма здесь следует ставить черточки и над самими квадратными скобками, выражающими тип связи между фазами развития философии.

Так или иначе, но не только история философии, но и сама философия как подсистема науки рассматривается в данном случае не как нечто статическое, данное, но как обобщенная, резюмированная, подытоженная совокупность всех пройденных ею ступеней развития, включая и ту, какую философия достигла в настоящее время.

Процесс отпочкования от философии ($\bar{S}_{phi}$) сначала естественных наук ($\bar{S}_{nat}$), затем общественных ($\bar{S}_{soc}$) и, наконец, психологии ($\bar{S}_{psy}$), можно представить как расширение и увеличение общего числа элементов (подсистем) у науки в целом, как большой развивающейся системы $\bar{S}$:

$$\bar{S} = [\bar{S}^I, \bar{S}^{II}, \bar{S}^{III}, \bar{S}^{IV}], \quad (6)$$

где $\bar{S}^I = \bar{S}_{phi}$; $\bar{S}^{II} = \bar{S}_{phi}^{II}$, $\bar{S}_{nat}^{II}$; $\bar{S}^{III} = \bar{S}_{phi}^{III}$, $\bar{S}_{nat}^{III}$, $\bar{S}_{soc}^{III}$; $\bar{S}^{IV} = \bar{S}_{phi}^{IV}$, $\bar{S}_{nat}^{IV}$, $\bar{S}_{soc}^{IV}$, $\bar{S}_{psy}^{IV}$ (предшествующие фазы соответствующих подсистем S_{nat} , S_{soc} и S_{psy} включались в соответствующие фазы философии S_{phi}). Очевидно, что формулы (5) и (6) выражают различным образом один и тот же процесс.

Ускоренное и опережающее развитие науки. Еще Энгельс обнаружил, что наука растет ускоренным образом, не по арифметической, а по геометрической прогрессии. Я не буду касаться здесь того, по каким именно параметрам можно судить о ее ускоренном развитии, но приму это как факт. Можно предположить, что наука, представляющая собой в значительной степени духовный элемент человеческой деятельности, способна развиваться быстрее по сравнению с такими отраслями, как техника и особенно производство, где превалирует вещественный элемент, так как идеи и мысли могут рождаться быстрее, нежели проектироваться и строиться технические конструкции, а тем более — капитальные промышленные предприятия, на что всегда требуется гораздо больше времени и средств.

Представим теперь развивающуюся большую систему $\bar{S}$, куда входит как подсистема естествознание ($\bar{S}_{nat}$) наряду с техникой ($\bar{S}_{tec}$) и производством ($\bar{S}_{pro}$). В этой системе подсистема $\bar{S}_{nat}$ развивается быстрее, чем подсистема $\bar{S}_{tec}$, а $\bar{S}_{tec}$ быстрее, чем подсистема $\bar{S}_{pro}$. Для простоты прикладные науки $\bar{S}_{app}$ я здесь особо выделять не буду.

В таком случае большая система $\bar{S}$ выступит как совокупность отмеченных выше трех подсистем; тип связи между ними мы обозначим так, что между символами трех подсистем и под первой скобкой будем ставить знак «меньше» ($<$), указывающий,

что темпы развития $\bar{S}_{\text{pro}}$ меньше темпов развития $\bar{S}_{\text{tec}}$, а эти последние — меньше темпов развития $\bar{S}_{\text{nat}}$:

$$\bar{S} = [\bar{S}_{\text{pro}} < \bar{S}_{\text{tec}} < \bar{S}_{\text{nat}}] \quad (7)$$

Эта формула фиксирует то, что естествознание ($\bar{S}_{\text{nat}}$), обладая сравнительно более высокими *темпами* своего развития, имеет тенденцию догонять и перегонять в конце концов и по своему *уровню* технику и производство, т. е. материальную общественно-историческую практику человечества. Это можно обозначить стрелкой под второй квадратной скобкой, направленной от $\bar{S}_{\text{nat}}$ к $\bar{S}_{\text{tec}}$ и $\bar{S}_{\text{pro}}$:

$$\bar{S} = [\bar{S}_{\text{pro}}, \bar{S}_{\text{tec}}, \bar{S}_{\text{nat}}] \quad (8)$$

В дальнейшем две подсистемы — технику и производство, сохраняя их обозначения, я буду рассматривать вместе как единую технико-производственную практику.

Итак, формулы (7) и (8) суть выражения для ускоренного и опережающего развития естествознания (науки) по отношению к технике и производству, взятых вместе, как единая практика.

Для того чтобы закономерность такого развития науки представить более конкретно, так сказать, в развернутом ее виде, запишем формулу (8) в виде рядов последовательных фаз для всех звеньев системы-цепочки, состоящей из $\bar{S}_{\text{pro}}$, $\bar{S}_{\text{tec}}$ и $\bar{S}_{\text{nat}}$.

$$\bar{S} = \begin{bmatrix} \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{I}}, & \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{I}}, & \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{I}} \\ \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{II}}, & \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{II}}, & \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{II}} \\ \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{III}}, & \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{III}}, & \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{III}} \\ \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{IV}}, & \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{IV}}, & \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{IV}} \\ \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{V}}, & \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{V}}, & \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{V}} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Каждая строчка в выражении, заключенном в скобки, отражает определенный этап в развитии отношения между естествознанием (S_{nat}), техникой (S_{tec}) и производством (S_{pro}). На самом древнейшем этапе, когда человек только что возник, наука отсутствовала, да и практика не нуждалась в науке в силу крайней слабости своего развития. Это выражается тем, что $\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{I}}$ равнялось нулю, тогда как $\bar{S}_{\text{tec}}^{\text{I}}$, $\bar{S}_{\text{pro}}^{\text{I}}$ были уже величинами положительными, хотя и весьма незначительными.

В античную эпоху наука начинает зарождаться в ее философской форме; она включает в себя и зачатки естественнонаучных знаний, но активной помощи практике оказывать еще не в состоянии, да и практика все еще не нуждается в такой помощи с ее стороны. Это можно выразить так, что техника и производство пошли уже заметно

вперед, а наука сильно оторвана от них:

$$\bar{S}_{\text{pro}}^{\text{II}}, \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{II}} / (\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{II}})_{\text{phi}}.$$

Здесь вертикальная жирная линия указывает на отрыв знаний о природе от практики, а заключение $\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{II}}$ в круглые скобки с индексом phi — на то, что знания о природе входили тогда в общую философскую науку.

В эпоху Возрождения естествознание начинает обособляться в самостоятельную отрасль знания и быстро развивается под действием запросов остро заинтересованной на этот раз в его развитии практики. Но оно все же остается еще далеко позади быстро развивающихся техники и производства, накапливая пока лишь факты и приводя в систему то, что практика уже успела осуществить сама по методу проб и ошибок (т. е. эмпирически). Это их соотношение можно выразить так:

$$\bar{S}_{\text{pro}}^{\text{III}}, \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{III}}, \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{III}}.$$

Здесь последовательность символов означает вместе с тем степень развития практики ($\bar{S}_{\text{pro}}$, $\bar{S}_{\text{tec}}$), с одной стороны, и науки (естествознания) ($\bar{S}_{\text{nat}}$) — с другой, а стрелка под $\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{III}}$ указывает на тенденцию науки догонять практику.

Такое соотношение сохраняется примерно до конца XVIII в. (до первой технической революции, до изобретения рабочих машин и парового двигателя). В дальнейшем, в XIX в. естествознание обретает уже столь большую скорость своего развития, что берется за решение научных проблем, которые выдвигает перед ним *текущая практика*. Так, термодинамика, начиная с Сади Карно, возникает и развивается в прямой связи с необходимостью повысить КПД паровой машины. Наука (естествознание) на этом этапе, можно считать, догоняет в своем развитии технику и производство и начинает идти в уровень с ними, что можно выразить так: $\bar{S}_{\text{pro}}^{\text{IV}}, \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{IV}}, \bar{S}_{\text{nat}}^{\text{IV}}$.

Здесь помещение $\bar{S}_{\text{nat}}$ под символами $\bar{S}_{\text{pro}}$, $\bar{S}_{\text{tec}}$ означает, что наука уже догнала практику в своем развитии, а стрелка вниз — что она имеет тенденцию перегонять практику.

Наконец, если взять XX в., особенно вторую его половину, то все яснее становится тот факт, что наука (естествознание) стала опережать практику в своем развитии, что она ставит такие проблемы и задачи, которые еще не возникали в практической (технично-производственной) деятельности человека и возможность включения которых в практику целиком зависит от того, насколько наука сумеет их предварительно исследовать (пример с использованием атомной энергии и др.). Это можно записать так: $\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{V}}, \bar{S}_{\text{pro}}^{\text{V}}, \bar{S}_{\text{tec}}^{\text{V}}$, где стрелка под $\bar{S}_{\text{nat}}^{\text{V}}$ подчеркивает тенденцию науки усиливать все более быстрые темпы своего развития, прокладывая все более перспективные стратегические направления для техники и производства.

Именно такое опережение наукой (естествознанием) техники и производства в своем развитии составляет существенную особенность научно-технической революции наших дней в отличие от предшествующих революций в науке и технике.

Суммирование пройденного пути. Зададимся вопросом: как следует рассматривать современное состояние науки, ее структуру, ее понятийный аппарат, методы исследования, применяемые ею? Очевидно, что все это нельзя оторвать от ранее пройденного ею пути, ибо ее настоящее есть лишь экстракт, обобщенный результат всего пройденного ею пути развития.

Возьмем для примера современную химию S_{ch} как подсистему естествознания S_{nat} . Все содержание химии, все ее теории, понятия, законы, приемы исследования вещества и т. д. создавались исторически, в строго определенной последовательности; с каждым шагом химии вперед новое знание приплюсовывалось к прежнему, требуя при этом нередко коренной перестройки прежнего знания, но вместе с тем сохраняя все то, что и раньше соответствовало объективной действительности и представляло собой частицу объективной истины.

Каждый раз, достигнув более высокой ступени своего развития, химия опиралась на весь свой предшествующий путь и давала толкование ему с точки зрения более высокой ступени своего развития, только что достигнутой ею. Ее логика, логика ее построения, оказывалась не чем иным, как обобщением всего ее пути, всей ее истории, но только очищенной от случайного, наносного, постороннего и представленного в стройном, последовательном виде.

Допустим, что: $\bar{S}_{ch}^I$ обозначает химические знания в древности; $\bar{S}_{ch}^{II}$ — алхимию средневековья; $\bar{S}_{ch}^{III}$ — иатрохимию эпохи Возрождения; $\bar{S}_{ch}^{IV}$ — начало становления химии как науки Бойлем во второй половине XVII в.; $\bar{S}_{ch}^V$ — завершение этого процесса Лавуазье во второй половине XVIII в.; $\bar{S}_{ch}^{VI}$ — создание химической атомистики Дальтоном в начале XIX в. и ее развитие Берцелиусом и другими химиками; $\bar{S}_{ch}^{VII}$ — возникновение и развитие органической химии Либихом, Жераром и другими химиками в первой половине и середине XIX в.; $\bar{S}_{ch}^{VIII}$ — создание Бутлеровым теории химического строения (1861); $\bar{S}_{ch}^{IX}$ — открытие Менделеевым периодического закона химических элементов (1869); $\bar{S}_{ch}^X$ — возникновение физической химии в 80-х годах XIX в. благодаря трудам Вант Гоффа, Аррениуса, Гиббса, Менделеева и других физико-химиков; $\bar{S}_{ch}^{XI}$ — рождение коллоидной химии, а затем химии высокомолекулярных и высокополимерных соединений (на рубеже XIX и XX вв.); $\bar{S}_{ch}^{XII}$ — создание химической физики, а затем квантовой химии (в XX веке) вплоть до современной химии $\bar{S}_{ch}^k$.

Суммируя все эти ступени, или фазы, развития химии, можно составить картину этой науки как *развивающейся* системы знаний, которая теперь ($\bar{S}_{ch}$) может быть охарактеризована как обобщен-

ный итог всего развития вплоть до сего дня (эту обобщенность обозначает особый кружок $\bigcirc$, стоящий под первой скобкой и указывающий тип связи отдельных подсистем $\overline{S}_{ch}^I$, $\overline{S}_{ch}^{II}$ и т. д. между собой)

$$\overline{S}_{ch} = \bigcirc [\overline{S}_{ch}^I, \overline{S}_{ch}^{II}, \overline{S}_{ch}^{III}, \dots, \overline{S}_{ch}^X, \dots, \overline{S}_{ch}^k]. \quad (10)$$

Формула (10) относится к одной из подсистем развивающегося естествознания $\overline{S}_{nat}$. Аналогичным образом могут быть построены другие входящие в него подсистемы, равно как и подсистемы других подсистем большой развивающейся системы $\overline{S}$. Во всех таких формулах современное знание надо рассматривать как итог, включающий в себя в строго определенном логическом порядке (обобщенно) весь свой предшествующий путь развития.

Здесь конкретизируется положение Гегеля о характере поступательного движения человеческого познания: «Познание движется от содержания к содержанию,— писал Гегель.— Прежде всего это поступательное движение характеризуется тем, что оно начинается с простых определенностей и что следующие за ними становятся все *богаче и конкретнее*. Ибо результат содержит в себе свое начало, и движение последнего обогатило его некоторой новой определенностью. Всеобщее составляет основу, поэтому поступательное движение не должно быть принимаемо за некоторое течение от некоторого другого к некоторому другому. Понятие в абсолютном методе *сохраняется* в своем инобытии, всеобщее — в своем обособлении, в суждении и реальности; на каждой ступени дальнейшего определения всеобщее поднимает выше всю массу его предшествующего содержания и не только ничего не теряет вследствие своего диалектического поступательного движения и не оставляет ничего позади себя, но несет с собой все приобретенное, и обогащается и уплотняется внутри себя» [3, стр. 315]. По поводу этого рассуждения В. И. Ленин заметил: «Этот отрывок очень недурно подводит своего рода итог тому, что такое диалектика» [1, стр. 212].

С точки зрения системного анализа развивающихся систем, в том числе и науки как системы, приведенный выше отрывок из «Науки Логики» Гегеля, подводящий итог тому, что такое диалектика, как раз и представлен формулой (10). Каждое положение этого отрывка можно найти и показать в этой формуле.

Таким образом, диалектический принцип историзма, впервые разработанный Гегелем, а затем переведенный на рельсы материализма Марксом, Энгельсом и Лениным, служит основой для рассмотрения науки как развивающейся системы, в которой резюмируется весь предшествующий путь ее развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленин В. И. Полное собрание сочинений, т. 29.
2. Гегель Г. В. Ф. Сочинения, т. IX. М., 1932.
3. Гегель Г. В. Ф. Сочинения, т. VI. М., 1939.

МОДЕЛИ НАУКИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ НАУКИ

А. А. ИГНАТЬЕВ

Рассмотрение вопросов, связанных с оформлением исследований науки в особую область исследований — науковедение, показывает все возрастающее внимание к методологической проблематике. Сегодня уже можно достаточно уверенно утверждать, что эффективность научного поиска существенно зависит от предварительной выработки своего рода «программы» развертывания предмета. Между тем в современных исследованиях науки существует не менее десятка концепций, сложившихся в разных дисциплинах и значительно отличающихся друг от друга по своему эмпирическому содержанию, способу экспликации, степени обоснованности и др. (см., например, [9], [10], [22]). Тем самым на первый план необходимо выдвигается задача анализа оснований науковедения, реконструкции сложившихся в данной области исследования содержательных представлений и выражающих эти представления понятийных схем.

В настоящей статье мы попытаемся показать, что в основании современных науковедческих концепций лежат методологические принципы системного исследования; экспликация выражающих эти принципы схем исследования послужит нам основанием для выявления теоретических аномалий данной области исследования и, таким образом, позволит наметить соответствующие им «точки роста».

В работах последних лет выделение науки в качестве объекта изучения чаще всего происходит путем задания ограничений, на основе которых осуществляется воспроизводство и предметное развитие науки как «определенного целого» (например, в форме указания ограничений, наложенных на принятие тех или иных теоретических утверждений или отказ от них). Познавательное движение рассматривается в этом случае как реализация определенных стандартов общения, действующих на уровне отдельных утверждений, теорий или серий таких теорий. По отношению к текстам, образующим отдельные «синтагмы» (утверждения, теории, серии теорий), эти стандарты выступают как своеобразная «парадигма» (в том же смысле, в каком эти термины употребляют в современной лингвистике), т. е., с одной стороны, конституируют определенную целостность («система

утверждений», «массив публикаций» и т. п.), а с другой — налагают на множество ее состояний (например на множество логически истинных утверждений) определенные ограничения. Тексты, удовлетворяющие определенным парадигматически заданным стандартам, рассматриваются как содержательное единство.

Т. Кун выделяет четыре типа таких стандартов, различающихся по характеру налагаемых ими ограничений: «символические выражения», «метафизические положения», «ценности» и, наконец, собственно «парадигмы», или стандартные познавательные ситуации [27, pp. 182—187]. Некоторые исследователи в качестве системообразующего основания науки рассматривают только ценности, поскольку, как известно, рационализация любых норм общения требует ссылки на какие-то ценности, которые выступают в качестве «предельного основания» этих норм. Так, например, Р. Мертон в качестве основополагающих ценностей науки выделяет: «универсализм» (убеждение в том, что природные явления повсюду одинаковы и что истинность утверждений относительно их не зависит от утверждающего); «коммунализм» (принцип, согласно которому знание должно свободно становиться общим достоянием); «бескорыстие» (ученый не должен использовать свои открытия для личной выгоды — финансовой, престижной и пр.) и «организованный скептицизм» (ответственность каждого ученого за оценку работы других и за предание своей оценки гласности) [30]. Достаточно специфическая в этом смысле схема рассуждения реализована также в работах И. Лакатоса [8], [28].

Следует отметить и другой аспект, состоящий в том, что научный процесс рассматривается не как самопроизвольный аутогенез знания, а как «исследование», т. е. рациональное целенаправленное действие людей (индивидов или групп), участвующих в научном процессе. В соответствии с этим предполагается, что действующие в науке стандарты общения представляют собой специфические регулятивы и в таком качестве конституируют «сообщество ученых», т. е. группу людей, выступающих как совокупный носитель познавательной функции. Та или иная группа может быть идентифицирована независимо от постоянства персонального состава ее членов, ее структуры или выполняемых ею функций: существенным здесь является только сохранение стандартов, на основе которых входящие в группу индивиды могут быть идентифицированы как члены определенного сообщества.

Таким образом, каждому уровню организации науки (в том числе и «науке в целом») может быть сопоставлена определенная совокупность ограничений (предписаний и запретов), выступающая как его системообразующее основание. В этом качестве Кун рассматривает «дисциплинарную матрицу», т. е. специфическую для определенной научной дисциплины совокуп-

ность стандартов интеллектуальной активности («символических выражений», «метафизических положений», «ценностей» и «парадигм»). Очевидно, однако, что в этом же качестве могут выступать и регулятивы иной природы; на этой основе понятие научного сообщества может быть распространено вообще на всякое, выступающее в качестве совокупного носителя познавательной функции, социальное образование (в том числе и формальные организации). Для обозначения этих стандартов в их совокупности уместно, по-видимому, сохранить термин «парадигма», придав ему «открытый» и более широкий, чем у Куна, смысл, т. е. имея при этом в виду вообще любые системообразующие ограничения. В процессе обновления научного сообщества, а также несмотря на изменение предметного содержания его деятельности, парадигма сохраняет устойчивость; в этом смысле понятия научного сообщества и парадигмы оказываются экпликациями понятий структуры системы и ее материального субстрата, как они введены в работах по методологии системного исследования (см., например, [1], [17]).

Известные в настоящее время типы ограничений, которые могут быть наложены на множество состояний целостного объекта, позволяют выделить три больших класса систем: детерминированные системы, «машины со входом» и «популяции» (см., например, [19]). В исследованиях по информатике и прогнозированию, при разработке комплексных научно-технических программ, а также в некоторых историко-научных исследованиях науку рассматривают с позиций «информационного» подхода — как детерминированную систему, воспроизводство которой осуществляется на основе фиксированной программы. В этом качестве здесь выступает либо так называемая «логика развития науки» — устойчивая и предсказуемая совокупность связей предметности в развитии систем научно-теоретического знания, либо различные средства социализации индивида в сообществе ученых (см., например, [26]), либо, наконец, всевозможные «искусственные» регулятивы, характеризующие организацию научной деятельности в условиях «большой науки»: юридический акт об учреждении исследовательской организации, план и регламент работы, штатное расписание и пр.

По отношению ко всякому эмпирическому сознанию такого рода программа выступает и как «превосходящая причина» его активности в сфере науки (поскольку предполагается, что познавательный акт может произойти только в том случае, если этот акт «необходим», т. е. инициирован соответствующей программой), и как «идеальная норма» реальной познавательной деятельности (в такой системе познавательный акт получает санкцию на действительность лишь постольку, поскольку он осуществлен в соответствии с предписанными стандартами деятельности, а, скажем, не путем «проб и ошибок»). На этой основе парадигма приобретает универсальный и безличный (фор-

мальный) характер и наделяется (по крайней мере на уровне модели) своего рода «естественным» существованием, подобно тому, как полагаются в мысли объекты и явления природы (ср., например, «типы господства» по М. Веберу). Тем самым эмпирический индивид элиминируется как нечто факультативное, таким образом, что «все социальные, психологические и прочие связи, внутри которых происходит получение, сохранение и использование знаний, оставляются без внимания» [6, стр. 182]: научное сообщество и возникающие в нем институты рассматриваются исключительно как эпифеномен функционирования знаковых систем науки¹ (см., например, [18]).

Первоначально для построения информационных моделей науки использовались главным образом функциональные схемы типа «дерева операций», где точкам ветвления (вершинам графа) соответствуют «исследовательские события», а ребрам графа — «преобразования событий», или операции. Трудности, которые обнаружились в процессе эмпирической интерпретации таких моделей, а также их интенсивная критика со стороны ряда логиков, философов и исследователей науки (см., например, [4], [13], [27]) вынудили отказаться от классической (лапласовской) схемы детерминации. Проблема, которую не удается решить на основе этой схемы, состоит главным образом в том, как совместить исходный постулат информационного подхода о существовании некоторой имманентной научному процессу глобальной программы с эмпирически зафиксированной непредсказуемостью исследовательских событий по содержанию, субъекту, времени или затратам (см., например, [20, стр. 257—261]).

«Планирование», «финансирование» и «организация» научных исследований означают, однако, что на более высоком по отношению к непосредственным участникам научного процесса уровне организации науки должна быть использована другая схема. По своему генезису она восходит к тем же самым основополагающим идеям и принципам, что и только что рассмотренная, и нередко сосуществует с ней в пределах одной и той же системы представлений (см., например, [4], [5]), но расстановка акцентов в данном случае существенно иная.

Наука здесь рассматривается как «машина со входом»: принципиальное отличие систем этого типа от рассмотренных

¹ Здесь и далее речь идет не о содержательно истинных теориях науки, а о том, насколько вполне определенный методологический принцип может быть использован для конструктивного развертывания предмета науковедческого исследования. Поэтому мы можем пренебречь тем обстоятельством, что реализованные в литературе модели науки в большинстве своем не являются экспликатами указанной концептуальной схемы, и, как правило, не претендуют на изображение «науки в целом». Точно так же для нас в данном случае не существенно, каким именно образом задана та или иная парадигма, в частности, имеет ли она реальный или же виртуальный характер. Так, например, система регулятивных функций эволюционного процесса в популяции вполне может быть свернута в программу «выживание вида», что отнюдь не предполагает существования эмпирически фиксируемого носителя такой программы (например, специализированного фрагмента в генетическом коде).

ранее состоит в наличии у них «входа», т. е. такого элемента, поведение которого носит спонтанный и принципиально непредсказуемый характер. Исследовательское событие в данном случае выступает как преобразование состояний «входа» в состояния «выхода» по определенной программе (подобную программу обычно называют оператором системы). В соответствии с этим научный процесс рассматривается уже не как реализация некоторой программы, а как дискретная серия включающих «науку» проблемных ситуаций, каждой из которых может быть сопоставлена подлежащая решению проблема и некоторое «концептуальное поле» (объясняющие теории, методологические нормы, языковые средства и т. п., на основе которых предпринимаются попытки решения проблемы). Схематически это может быть выражено следующим образом:

$$P_i - TT - EE - P_k -$$

где P_i — исходная проблема, TT — пробная теория, EE — «фальсификация» теории с последующим ее преобразованием, P_k — модификация исходной проблемы в результате предпринятой попытки ее решения [33].

Функция контроля теорий может быть институционализована в виде особого элемента познавательной системы («оценивающее звено» в [5], «педагог» в [18], «рынок научных идей» в [35], директивные и координирующие органы в работах по прогнозированию) или же задана латентно. В последнем случае эту функцию выполняют нормы общенаучного этоса, в соответствии с которыми научный результат должен удовлетворять требованиям истинности и нетривиальности, а также методологические нормы той или иной дисциплины или области знания и те ограничения, которые налагаются на продукт исследовательской деятельности в прикладных и проблемно-ориентированных исследованиях: релевантность решаемой проблеме, соответствие техническому заданию, военно-политической или экономической конъюнктуре и т. п. Каждой проблемной ситуации соответствуют точки ветвления познавательного процесса; в ходе этого процесса формируется «картина мира», т. е. устойчивая совокупность представлений о природе исследуемой реальности, на основе которой предпринимаются попытки решения или модификации научных проблем.

Эмпирически зафиксированные упорядоченность и наличие инвариантов в развитии научного знания здесь получают не «онтологическое», а «методологическое» обоснование — как следствие того обстоятельства, что любая проблема может быть решена наукой только на основе исторического опыта ее развития, а для этого наличное знание должно быть представлено в универсальной, безличной и логически гомогенной форме. В соответствии с этим стандарты и программы деятельности ученого оказываются производными от логико-лингвистического форма-

лизма («парадигмы», «матрицы»), благодаря наличию которого «наука» существует как нечто автономное и способное к устойчивому, без срывов преемственности, воспроизводству [13], [27]. Эмпирический индивид элиминируется при этом на основе принципов «объективной необходимости», «рациональности» или «исторической обусловленности» тех организационных, экономико-правовых, коммуникационных и других отношений, которые возникают в научном сообществе в процессе познавательной деятельности и на основе которых это сообщество обновляется. Тем самым «архив» науки начинает играть роль системообразующего механизма, а представление о науке как о «машине со входом» вырождается в выше рассмотренное представление как о детерминированной системе. Этот эффект, на уровне модели хорошо продемонстрированный в [8], зафиксирован и во многих современных исследованиях по социологии науки. «Высокая стоимость оборудования,— отмечают, например, И. Малецкий и Е. Ольшевский,—...ведет к пересмотру существовавших ранее принципов планирования научного исследования. Теперь уже не научный работник выбирает и собирает нужное ему для исследований научное оборудование, а напротив, ученые подбираются по их способности извлечь информацию из наличного исследовательского оборудования» [29, р. 209].

Представление о науке как о «машине со входом» лежит в основе селекции альтернативных научно-технических программ методом «дерева целей», а также широко известной в настоящее время методики перспективного планирования ПАТТЕРН, методики оценки и пересмотра научно-технических программ ПЕРТ и некоторых других (см., например, [4], [20]). Однако по мере внедрения этих или аналогичных им методик стало ясно, что принцип: «Найдите идею и подберите парня, который смог бы это изобрести» [20, стр. 91] может быть реализован только в весьма ограниченных пределах. Оказалось, что для фундаментальных исследований характерно скорее отсутствие заранее сформулированных целей и стратегий, которые могут быть использованы повторно [13], [20], [24]; кроме того, в общем объеме исследовательских событий, необходимых для реализации той или иной программы, результаты исследований, заранее не ориентированных на решение определенной задачи, составляют лишь доли процента [25].

Проблема здесь заключается в том, что, принимая подобную точку зрения, мы тем самым вводим допущение о субординации поля исследовательских событий («выхода» науки) полю действующих в ней оперативных предписаний. Иначе говоря, в данном случае предполагается, что мыслима такая организация сообщества ученых, при наличии которой действия исследователя и состояния поля исследовательских событий будут связаны между собой оператором типа «если... то...». С позиций обыден-

ной очевидности такое допущение абсолютно оправдано. Однако довольно многочисленные попытки обосновать это допущение рационально, путем построения формальной модели роста научного знания, до сих пор не только не увенчались успехом, но и неизменно приводят к возникновению парадоксов (см., например, [12], [16]). Так, целый ряд исследований (см., например, [5], [11], [14]) показывает, что кривые роста массива публикаций, численности научных кадров, расходов на обеспечение научного процесса и ряда других параметров науки, имея характер экспоненты, параболы или какой-либо другой монотонной кривой, сохраняют его на протяжении вот уже около 300 лет и примерно одинаковы для стран с разными культурными традициями и социальной структурой (Англия XVI в., современные Япония и США). Простые соображения позволяют утверждать, что в этом случае уровень «выхода» науки определяется исключительно достигнутым значением самого параметра или его производной и в таком качестве может рассматриваться как величина, не зависящая от каких-либо других, кроме предшествующего состояния, факторов (в том числе и от усилий самих участников научного процесса). В самом деле, средняя продуктивность, исчисленная на одного ученого («эмиссия информации»), остается постоянной (или по крайней мере монотонно не возрастающей), а рост массива информации (публикаций) сопровождается ростом численности научных кадров, причем по тому же самому закону и с такими же темпами (см., например, [14, стр. 325—331], [5, стр. 121]). При этом все отклонения кривых от монотонности находятся в фундаментальной связи с глобальными социальными конфликтами (см., например, [5, стр. 38, 76]), что естественно исключает рассмотрение этих факторов в интересующем нас аспекте.

Последний тезис сохраняет свою силу и по отношению к продуктивности отдельных исследователей. Установлено, например, что этот параметр подчиняется распределению Ципфа — Парето (существуют данные, что такое распределение продуктивности сохраняется как в сфере фундаментальных исследований [14], так и в области прикладных исследований и разработок [21], а также на уровне отдельного исследовательского коллектива [34]). Нетрудно показать (см., например, [14, стр. 318—336]), что это распределение вполне может быть интерпретировано таким образом, что уровень научной продуктивности является случайной функцией уровня затрат (усилий). Отсюда, разумеется, вовсе не следует, что представление о науке как об адаптивной системе не соответствует своему объекту и не способно выполнять определенных конструктивных функций в науковедческом исследовании. Исследователь науки здесь оказывается в том же положении, что и лингвист, который, констатируя предсказуемость речевого общения, сравнительно легко находит целый ряд эмпирических приемов машинного перевода, но терпит

решительное поражение в попытках сформулировать необходимые зависимости и универсальные правила [13].

Предшествующие рассуждения показывают, что информационно-кибернетические аналогии, достаточно эффективные при интерпретации эмпирических данных, относящихся к прикладным исследованиям и разработкам, оказываются малоприменимыми в области «чистых», или «фундаментальных» исследований. В связи с этим наметилась тенденция рассматривать науку скорее в социологическом (или, точнее, в экологическом) аспекте, чем как рационально организованную функциональную систему [13], [14], [26], [27]. Исходным моментом теоретической реконструкции здесь является интуиция целостности научного сообщества, тогда как эффекты порождения новых высказываний и текстов, с одной стороны, и, с другой, поглощение наукой определенных финансовых и материальных ресурсов рассматриваются по аналогии с процессами метаболизма в популяциях живых организмов. Воспроизводство «науки» в данном случае осуществляется не за счет детерминации научного процесса предзаданными ему программами и операторами, а за счет динамического взаимодействия между отдельными исследовательскими событиями; на этой основе Д. Прайс вводит аналогию между наукой как целым и ансамблем молекул идеального газа [14, стр. 282]. Подобная точка зрения позволила сразу же и довольно легко совместить отмеченные ранее предсказуемость научного процесса в целом и спонтанный характер отдельных исследовательских событий. Другим серьезным достоинством данной модели оказалась сравнительная простота и наглядность исходных допущений, что позволило получить достаточно надежные и воспроизводимые вероятностные распределения и количественные зависимости (см., например, [11], [14]).

Специфической для данного типа схем рассуждения является установка на анализ механизмов, поддерживающих выделенность «науки» из окружающей среды (природной, социальной, культурной, технологической и др.). Благодаря наличию таких механизмов сообщество ученых (массив научных статей, множество истинных утверждений и т. п.) выступает как своего рода элита: предполагается, например, что любой индивид необходимо стремится либо попасть в члены какого-либо научного сообщества, либо удержаться в этом качестве. Такое допущение хотя и не вполне корректно (тем самым предполагается наличие фиксированной парадигмы), но согласуется с эмпирическими данными. Как отмечает, например, Р. Мертон, одним из наиболее сильных мотивов деятельности в сфере науки является профессиональное признание: об этом, в частности, свидетельствуют многочисленные примеры борьбы за приоритет в науке. Мертон приводит несколько исторических примеров, когда несомненно талантливые и продуктивно работавшие ученые, не получив ожидаемого профессионального признания, либо вообще броса-

ли науку, либо утрачивали способность к научному творчеству [30]. Д. Прайс (во многом следующий за Мертоном) также приводит убедительный аргумент в пользу этой точки зрения, показывая, что институт научной публикации имеет своей главной функцией нечто принципиально иное, чем оповещение коллег о содержании полученных научных результатов. «Социальная основа происхождения статьи,— отмечает он,— есть... стремление каждого человека... оставить предмет за собой. Лишь по совместительству статья служит также и носителем информации...: в старое время ни Галилей, ни Гук, ни Кеплер не считали чем-то зазорным объявлять о своих открытиях в форме криптограмм с перемещенными буквами, что обеспечивало приоритет и вместе с тем не давало информации, которой могли бы воспользоваться соперники» [14, стр. 342].

Центральным понятием, определяющим сущность процессов, происходящих в научном сообществе, здесь является понятие коммуникации. В первом приближении смысл данного понятия состоит в том, что если какое-либо сообщество индивидов имеет устойчивый характер, то ему могут быть сопоставлены нормы речевого общения (письменного или устного), единые для всех членов данного сообщества и отличные от норм общения, действующих в других сообществах,— явление, неоднократно зафиксированное на самых разных уровнях социума (см., например, [7], [15]). Понятие коммуникации применимо, вообще говоря, и к ранее рассмотренным моделям науки, где детерминирующие научный процесс программы и операторы одновременно выполняют функцию лингвистических парадигм (подобно машинным языкам). Однако в данном случае, в соответствии с исходной методологической установкой, вопрос о системообразующих механизмах науки рассматривается только ретроспективно, и речевое общение выступает лишь как «непосредственная действительность» научного процесса, т. е. то, что поддается идентификации и измерению. На этой основе к настоящему времени выработан целый ряд эффективных методов исследования научной коммуникации, например, анализ сетей цитирования, в основу которого положено достаточно правдоподобное предположение, что каждый фактически имевший место акт общения фиксируется в виде цитации коммуниканта или ссылки на него. Установлено также наличие корреляции между уровнем цитируемости и научным рангом.

Более внимательное изучение эмпирического материала показывает, однако, что модель науки как «популяции ученых» не позволяет выйти из круга антиномий, в буквальном смысле слова классических для исследований науки. Главная трудность здесь состоит в том, как совместить постулат неформального вхождения в научное сообщество (сообщество как исходная данность) с очевидным фактом воспроизводства специфических для этого сообщества стандартов общения. В самом деле, спо-

собу введения понятия «научное сообщество» внутренне присущ логический круг: выделение того или иного сообщества находится в явной и довольно сильной зависимости от принятого критерия принадлежности к сообществу (см., например, [27, р. 176]), а этим критерием в данном случае является сам факт принадлежности к сообществу (отсюда, в частности, такие широко известные тавтологии, как «ученым мы будем считать того, кто публикуется в научных журналах», и т. п.). С другой стороны, сколько-нибудь длительное существование подобного рода социальных образований предполагает непрерывное воспроизводство коммуникативной ситуации, т. е. что чуждые данному сообществу типы активности некоторым образом подавляются; это, в свою очередь, предполагает фиксацию правил общения в виде некоторой нормативной «грамматики», на основе которой происходит включение индивида в научное сообщество (социализация).

Однако независимость процессов общения от воли его участников (на этой основе в одной из работ по математическому моделированию неформальной коммуникации в научном сообществе введена аналогия между процессом формирования общества и распространением эпидемии) элиминирует эмпирического индивида как нечто «бренное», стандартное и взаимозаменяемое, тогда как действительным «продуцентом» оказывается сама сеть профессиональной коммуникации, только через приобщение к которой эмпирические индивиды включаются в научный процесс. Надо заметить, что это положение может быть вполне корректно обосновано. Известно, что рост вложений в науку происходит пропорционально квадрату численности научного сообщества [14, стр. 364] и что та же зависимость связывает «стоимость науки» с общим числом выполняемых научных работ [23]. Оба эти соотношения могут быть единообразно интерпретированы таким образом, что расходы на науку возрастают пропорционально общему числу отношений внутри научного сообщества; следовательно, эти расходы связаны главным образом с содержанием системы коммуникации — представление, не чуждое и научному фольклору [32]. В соответствии с этим «архив» науки начинают рассматривать как монопольный носитель связей коммуникации, как системообразующий механизм, интегрирующий и переводящий в общенаучное достояние продукты исследовательской деятельности ученых [13]. Такое представление хорошо согласуется с тем, как происходит социализация в научном сообществе (обучение на основе авторитетных учебных текстов), однако тем самым «популяция» вырождается в ранее рассмотренную детерминированную систему.

Существует, наконец, еще один путь синтеза системных моделей науки, до сих пор реализованный главным образом на уровне обыденных представлений, а также в некоторых исследованиях научного творчества (преимущественно в работах по ин-

женерной психологии и научной организации труда). При рассмотрении научного процесса с этой точки зрения познавательный акт выступает как функция деятельности «исследователя вообще», некоторым образом структурированной (как «процесс» или же как «система операций») и подчиненной определенным императивам (мотивам и нормам). Последние (истинность и непротиворечивость утверждений, новизна инженерных решений, экономическая эффективность технологических инноваций, спрос на продукты научной деятельности, потребность в творческой активности и др.) образуют определенные иерархии; в этом смысле можно говорить о системе регулятивов исследовательской деятельности и соответствующих ей системообразующих механизмах. Для исследований данного типа характерна ориентация на «норму», реализуемая либо за счет статистического усреднения экспериментальных данных (как в исследованиях возрастной динамики творчества), либо путем ограничения научного сообщества по ранговому признаку. Научное сообщество в данном случае как бы сведено к своему «типичному представителю», структура и параметры деятельности которого приняты одинаковыми для всех членов сообщества и совпадают с массовыми характеристиками данного типа деятельности.

Проблема обнаруживается уже в самой принципиальной постановке вопроса: сама идея теоретической реконструкции отношения между исследовательским событием и наложенными на интеллектуальную активность ограничениями содержит в себе неявный постулат, а этому отношению может быть придан имперсональный характер, т. е. что существует некая «необходимая и достаточная» форма познавательного движения, которая может быть экстериоризована в виде алгоритма. Не случайно возможность «автоматного» представления процессов мышления издавна рассматривается как необходимая предпосылка построения его строгой теории — традиция, восходящая к Раймунду Луллию (см., например, [3]).

В действительности, однако, антиномия детерминированного и спонтанного сохраняется и при таком подходе, только ее носителем становится уже не научное сообщество в целом, а отдельный исследователь. Иными словами, фигуре «исследователя вообще» могут быть сопоставлены два различных «персонажа», каждому из которых соответствует определенный тип деятельности и специфическая для нее система регулятивов (стандартов). В соответствии с этим исследовательское событие в одном отношении может рассматриваться как спонтанное «самораскрытие» некоторой, имманентной предмету деятельности исследователя, программы, а в другом — как рациональное действие исследователя, направленное на реализацию этой программы. На этой основе, в частности, в экспериментальных исследованиях процессов решения задач неизменно фиксируется классический феномен спонтанного порождения идей или вербализованных смыслов,

а эмоции, необходимо остающиеся за пределами логического формализма, либо рассматриваются в качестве генератора случайных событий, либо же связываются с разного рода пусковыми механизмами.

Как показали Нагель и Ньюмен, из теоремы Гёделя следует невозможность логического синтеза процессов роста знания [31]; в соответствии с этим подавляющее большинство современных моделей познавательного процесса имеют стохастический характер, т. е. представляют собой «лингвистический автомат», оформленный в виде генератора случайных событий, на выходе которого действуют определенные нормы селекции утверждений. Примером реализации такого рода представлений может, в частности, служить дихотомия фундаментальных и прикладных исследований, которая оказывается в значительной мере условной (см., например, [24]) и характеризует не столько реальную структуру института науки (скорее здесь можно говорить о вторичных эффектах и субститутах), сколько внутреннюю структуру самого продуктивного акта, независимо от того, является ли его содержанием научное открытие или же техническое изобретение.

Предшествующее рассмотрение показывает, что сложившиеся в современных исследованиях науки представления и схемы исследования могут быть единообразно интерпретированы как представление науки в виде *исследовательской системы*, включенной в некоторый универсум и в свою очередь иерархически организованной. Этому представлению соответствует установка на вычленение в анализе тех действующих в науке ограничений, которые имеют системообразующий характер, т. е. конституируют «науку» как определенное целое, устойчивое в силу необходимости ограничений. Экспликация этой установки на материале современных исследований науки позволяет ввести универсальную систему идеальных объектов, образующую фундаментальную теоретическую схему данной области исследования. Именно, при рассмотрении науки как целостного объекта выделяют *парадигму* — системообразующее основание исследовательской системы, *научное сообщество* — целостное социальное образование, выступающее как совокупный носитель познавательной функции, и, наконец, *массив публикаций*, т. е. устные или письменные сообщения (утверждения, тексты), образующие совокупный продукт исследовательской деятельности. Научное сообщество и массив публикаций рассматриваются как специфические по способу выделения «срезы» исследовательской системы.

В зависимости от типа парадигмы можно выделить представление о науке как о детерминированной системе, как о «машине со входом» и как о «популяции ученых». Каждому из них соответствует специфическое содержание указанных понятий: так, например, в зависимости от типа парадигмы, ее носителем ока-

зывается либо формальная организация научного сообщества, либо система неформальной коммуникации между его членами, либо, наконец, определенные мыслительные структуры, интериоризованные или врожденные. Точно так же в качестве элементарного акта функционирования исследовательской системы («исследовательского события») выступает либо единичный продуктивный акт, либо акт «публикации» познавательного результата, либо, наконец, акт присвоения статуса в научном сообществе. Далее, научная публикация рассматривается либо как средство экстериоризации познавательного результата, либо как средство его трансляции, т. е. оповещения научного сообщества о получении нового познавательного результата и его содержания, либо как средство включения этого результата в «архив» науки, либо, наконец, как средство включения автора результата в научное сообщество или закрепленного статуса в этом сообществе.

Попытка конструктивного развертывания указанных схем исследования показывает, что каждая такая схема является односторонней, адекватно воспроизводящей лишь один из аспектов объекта изучения (например, лишь одну из действительных функций института научной публикации). В самом деле, утверждение вида «Будем рассматривать науку как детерминированную систему», естественно предвещающее любое исследование науки с позиций информационного подхода, необходимо предполагает, что существует некоторая, имманентная научному процессу программа, которая имеет принудительный и всеобщий характер. Задача исследователя науки состоит с этой точки зрения в том, чтобы «рационализировать» эту программу, т. е. перевести ее в план сознания, представить в эксплицитной форме и обосновать оптимальный по какому-либо критерию режим ее реализации. В общем случае этот режим предполагает минимизацию спонтанных проявлений активности; в соответствии с этим основным типом регулятивов в научном сообществе оказываются «репрессивные» санкции. Представление о науке как о «машине со входом» предполагает, что детерминирующие научный процесс стандарты имеют рациональный характер и функциональны по отношению к какой-либо научной проблеме или типу научных проблем: их соблюдение лишь гарантирует максимальную эффективность исследования, но отнюдь не является принудительным.

Воспроизводство систем такого типа предполагает сознательное следование стандартам; в соответствии с этим задача исследователя науки приобретает, так сказать, «инженерный» характер, т. е. состоит в том, чтобы сформировать наиболее эффективную программу исследования. Модель науки как «популяции ученых» предполагает отсутствие каких-либо наперед заданных стандартов, направляющих или ограничивающих деятельность участников научного процесса. Каждый из них действует на основе свободного выбора, и только интеграция ученых в научное

сообщество, взятая как интуитивно очевидная непосредственная данность, приводит к появлению специфических форм упорядоченности (парадигма, устойчивые значения параметров и др.). Задача исследователя науки состоит с этой точки зрения в том, чтобы построить «беспредпосылочную» картину объекта изучения; это, в свою очередь, предполагает неучастие исследователя науки в исследуемых им процессах детерминации.

Наконец, интерпретация указанных схем исследования на эмпирическом материале наталкивается на достаточно единообразные аномалии; в соответствии с этим исследовательская система строится как система стохастических преобразований, т. е. исходя из принципиальной неопределенности исхода каждого познавательного акта. С этой точки зрения «наука» представляет собой обладающее сравнительно небольшой глубиной во времени (порядка 10—15 лет) пространство логических возможностей («дерево альтернатив»), каждой точке которого соответствует определенная совокупность исследовательских событий и реализованное на этой совокупности вероятностное распределение. Единичное исследовательское событие рассматривается как функция диффузно действующих факторов (времени, например), а в качестве системообразующих выступают механизмы рыночного типа, где продуктивному акту придается характер спонтанного и принципиально непредсказуемого события (см., например, [4], [15], [35]). Область возможных интерпретаций таких моделей оказывается ограничена процессами воспроизводства института науки, перспективным планированием на уровне крупных научно-производственных комплексов и т. п., тогда как уже на уровне отдельного исследовательского коллектива интерпретация становится весьма нетривиальной задачей.

Таким образом, понятие исследовательской системы имеет по крайней мере три экспликата, причем их неединственность связана главным образом с наличием разных типов регуляции интеллектуальной активности и, следовательно, разных форм рефлексии, разных способов включения исследователя науки в собственный предмет теоретической реконструкции (как участника процессов воспроизводства исследуемого целого или же как их нейтрального наблюдателя). В самом деле, выделенные нами схемы исследования могут быть преобразованы друг в друга без изменений в эмпирическом содержании соответствующего представления. Так, понятие воспроизводства системы может быть интерпретировано и как определенная программа, и как общая для ряда ситуаций проблема, и, наконец, как имя некоторого феномена: каждая такая интерпретация ассимилирует одни и те же наблюдаемые события и предполагает одни и те же теоретические аномалии. Последнее очевидным образом исключает редукцию указанных схем исследо-

вания к какой-либо одной из них. В то же время представление о науке как о детерминированной системе с самого начала предполагает рекомендации по управлению исследовательским коллективом, существенно отличные от тех, которые могут быть сформулированы на основе представления о науке как о «машине со входом» или же «популяции». Поэтому вполне естественно, что исследование науки как системы требует разработки специальных метатеоретических схем оценки и выбора исходного представления о специфических для этой системы механизмах детерминации. Решение этой задачи в полном объеме требует выхода за рамки настоящей статьи, поэтому мы ограничимся некоторыми предварительными замечаниями.

Самым простым решением задачи будет, очевидно, организация выделенных нами схем исследования на основе принципа, который в [1] назван «иерархическим плюрализмом». «Суть его,— поясняют авторы,— состоит в том, что объяснение строится на некотором множестве оснований, находящихся между собой в отношениях иерархической последовательности; чаще всего такая последовательность представляет собой систему уровней» [1, стр. 48]. В соответствии с этим вводится различие уровней организации науки, каждому из которых сопоставлен определенный принцип конструктивного развертывания предмета исследования (наука как «популяция» ученых, как «машина со входом» и, наконец, как детерминированная система). Примером реализации подобной схемы объяснения могут, на наш взгляд, служить довольно многочисленные попытки выделения «уровней перемещения технологии», «уровней профессиональной компетентности» и т. п. (см., например, [13], [24]).

Следует отметить также, что определенные перспективы открывает установка на «принципы запрета», т. е. на выявление в анализе объективно невозможных состояний науки или ее структур. В частности, интерес представляет предпринятая в [2] попытка сформулировать «соотношение неопределенности» для экономики науки как некоторое выраженное в операциональной форме ограничение, наложенное на множество потенциально реализуемых научно-технических программ. При этом автор показывает, что воспроизводство неопределенности может рассматриваться как специфическое экономическое отношение в сфере науки, и что на этом основании «исследование» может выступать в виде преобразования одного параметра (неопределенности «входа») в другой (неопределенность «выхода»). Как впервые отметил В. Гейзенберг, наиболее фундаментальные законы физики (например, законы сохранения) по существу выражают ограничения, наложенные на произвол исследователя по отношению к природе. Не исключено, что наиболее фундаментальные законы науки имеют аналогичное содержание: так, например, вероятностный характер и даже сама неединственность моделей науки как системы могут рассматриваться как

выражение своеобразного ограничения, наложенного на отождествление исторически сложившегося института науки с «искусственной» социотехнической системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973.
2. Блюков Е. Н. Принцип неопределенности в экономике науки.— «Известия АН СССР, серия экономическая», 1972, № 1.
3. Глушков В. М. Мышление и кибернетика.— «Вопросы философии», 1963, № 11.
4. Горфан К. Л., Комков Н. И., Миндели Л. Э. Планирование и управление научными исследованиями. М., 1971.
5. Добров Г. М. Наука о науке. Введение в общее науковедение. Киев, 1970.
6. Зиновьев А. А. Об основных понятиях и принципах логики науки.— «Логическая структура научного знания». М., 1965.
7. Кожина Н. Н. О речевой системности научного стиля сравнительно с некоторыми другими. Пермь, 1972.
8. Лакарос И. Доказательства и опровержения. М., 1967, См. также рецензию на эту работу: Г. П. Щедровицкий. Модели новых фактов для логики.— «Вопросы философии», 1968, № 4.
9. Микулинский С. Р., Родный Н. И. Наука как предмет специального исследования.— «Вопросы философии», 1966, № 5.
10. Мирский Э. М. Науковедение в СССР (история, проблемы, перспективы).— «Вопросы истории естествознания и техники», 1971, № 3—4 (36—37).
11. Налимов В. В., Мульченко З. М. Наукометрия. М., 1969.
12. Петров М. К. Софистика.— «Философская энциклопедия», т. 5. М., 1970.
13. Петров М. К. Философские проблемы «науки о науке». (Дисс.) Ростов-на-Дону, 1967.
14. Прайс Д. Малая наука, большая наука.— «Наука о науке». М., 1966.
15. Прайс Д. Квоты цитирования в точных и неточных науках, технике и не-науке.— «Вопросы философии», 1971, № 3.
16. Швырев В. С. Неопозитивизм и проблемы эмпирического обоснования науки. М., 1966.
17. Щедровицкий Г. П. Проблемы методологии системного исследования. М., 1964.
18. Щедровицкий Г. П. Методологический смысл проблемы лингвистических универсалий.— «Языковые универсалии и лингвистическая типология». М., 1969.
19. Эшби У. Росс. Введение в кибернетику. М., 1959.
20. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. М., 1970.
21. Barker I. W. The Organisation of Applied Research in Europe. OEEC, 1964.
22. Dreitzel H. P., Wilhelm I. Das Problem der Kreativität in der Wissenschaft. Ein Beitrag zur Wissenschaftssoziologie.— «Kölner Zeitschrift für Soziologie und Soziale Psychologie», 1966, vol. 18, N 1.
23. «International Science and Technology», 1963, N 15.
24. Krauch H. Die organisierte Forschung. Neuwied/Rh., 1970.
25. Kreilkamp K. «Hinsight» and the Real World of Science Policy. «Science Studies», 1971, vol. 1, N 1.
26. Krohn R. G. The secularisation of science and sociology.— In: «Sociology of sociology», N. Y., 1970.
27. Kuhn T. S. The Structure of Scientific Revolutions. 2nd. ed., Chicago, 1970.

28. *Lacatos I.* Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In: «Criticism and the Growth of Knowledge», Cambridge, 1970.
29. *Malecki I., Olszewski E.* Some Regularities of the Development of Science in the Twentieth Century.—«Organon», 1965, N 2.
30. *Merton R. K.* Social Theory and Social Structure. Rev. and enl. ed. Glencoe, 1967.
31. *Nagel E., Newmann J.* Gödel's Proof. N. Y., 1958.
32. *Parkinson N. S.* Parkinson's Law for Inquiry.—«New Scientist», 1962, 13, N 271.
33. *Popper K. R.* On the Theory of Objective Mind.—«Actes des XIV Internationalen Kongresses für Philosophie». Wien, 1968.
34. *Shocley W.* On the statistics of individual variations of productivity in research laboratories.—«Proceeding of IRE», 1957, vol. 45, N 279, p. 1409.
35. *Törnebohm H., Radnitzky G.* Studien zur Forschungswissenschaft.—«Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie», Bd. II, Heft 2, 1971.

К ВОПРОСУ О РОЛИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ОЦЕНКЕ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

А. Х. МУХАМЕДОВ

В литературе, касающейся квантовомеханических явлений, принято подчас говорить об их парадоксальности, логической исключительности и т. п. Распространены самые разнообразные мнения о причине нелогичности, или логической особенности, процессов, описываемых квантовой механикой. Однако с тем, что здесь многое еще не ясно (хотя «все известно»), вольно или невольно согласны все. Высказывание американского физика Р. Фейнмана: «Мне кажется, я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает» [11, стр. 139], — вполне определяет итог многочисленных дискуссий по данному вопросу.

Отметил и другой момент. Советский логик А. А. Зиновьев показал, что в соответствии с методами логики формулируемые ею правила универсальны, одинаковы для всех наук, ибо «логика находит в науке именно то, что она ищет: правила, которые не зависят от сферы науки (от особенностей той или иной предметной области)... От этих особенностей зависит лишь то, какие именно законы из множества возможных законов логики будут использоваться... Если в какой-то области науки складывается ситуация, когда кажется, будто применение некоторых правил логики ведет к ошибкам, то это должно порождать не сомнение в универсальности этих правил и стремление построить особую логику для этой области науки, а стремление найти источник недоразумений в смешении различных логических операторов, в отсутствии должной их дифференциации или в неправильном (неуместном) их употреблении» [3].

В современной физической литературе уже, по-видимому, едва ли можно встретить серьезное обсуждение альтернативы «схема или закон сохранения энергии». Однако зачастую невозможность путем последовательных рассуждений согласовать некоторую схему с явлением воспринимается как допущение о неверности в этом случае общих методологических принципов, о логической особенности данного явления. Хотя на самом деле возникновение противоречия обусловлено некорректностью схемы, используемой для рассуждений о логической особенности этого явления.

Возможная чрезмерная упрощенность теоретической схемы в отношении нетривиальных моментов исследуемого явления должна быть исследована в первую очередь. Говоря словами Р. Фейнмана, «у физиков есть привычка брать простейший пример какого-то явления и называть его «физикой», а примеры посложнее отдавать на растерзание других наук, скажем прикладной математики, электротехники, химии или кристаллографии. Даже физика твердого тела для них только «полуфизика», ибо ее волнует слишком много специальных вопросов. ...А это, конечно, усложнение. Чтобы облегчить себе жизнь, физики начинают разговор со специального случая... А другие случаи мы предоставляем другим наукам» [9, стр. 24]. (Специалисты этих других наук в отличие от физиков «намерены заниматься реальным миром».) В этом смысле можно было бы сказать о квантовомеханических процессах как о «другом сложном случае», который «не предоставлен другим наукам».

Существенно важно подчеркнуть, что любая попытка обоснования логической особенности квантовомеханических процессов [1], [5], [8], [10], [11] по сути дела строится вне учета важного системного принципа — свойства объекта не могут быть определены из свойств его изолированных элементов, без учета их взаимосвязи и взаимозависимости (по этому поводу см. работы И. В. Блауберга, В. Н. Садовского, Э. Г. Юдина [2], [6]). Таким образом, развитие, усложнение объекта не есть простое суммирование развития его отдельных элементов. «Сложное» (или в «сложном») всегда есть «другое простое». Этим определяется неразложимость «сложного» на «первые простые» и «нелогичная» несовместимость свойств «простого в сложном» со свойствами «простого как такового». На некорректном использовании схем из классических моделей, созданных при отвлечении от системной природы микрообъектов и включений всех связей в «собственные параметры» объектов «как таковых», и основываются рассуждения о нелогичности, или логической особенности, квантовомеханических процессов, в которых факторы системного порядка, такие, как взаимосвязь, взаимообусловленность, пространственно-временная распределенность выделяемых в явлении элементов, приобретают решающее значение.

Опираясь на анализ ситуаций «особой логики микрофизики», данный в работе А. А. Зиновьева [3], отметим, что для обоснования нелогичности квантовомеханических процессов используются мысленные эксперименты классического вида, среди которых наиболее популярен так называемый эксперимент с двумя отверстиями [5], [8], [10], [11]. В нем «таится самая суть квантовой механики; но на самом деле в нем прячется только одна-единственная тайна» [8, стр. 200]. «Этот эксперимент специально придуман таким образом, чтобы охватить все загадки квантовой механики и столкнуть вас со всеми парадоксами, секретами и странностями природы на все сто процентов. Оказывается,

любой другой случай в квантовой механике всегда можно объяснить, сказав: «Помните наш эксперимент с двумя отверстиями? Здесь — то же самое». Именно в нем заключена основная загадка» [11, стр. 140].

Необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. «Этот эксперимент никогда никто так не ставил... Мы с вами ставим сейчас «мысленный эксперимент», отличающийся от других тем, что его легко обдумать. Что должно в нем получиться, известно заранее, потому что уже проделано множество опытов на приборах, размеры и пропорции которых были подобраны так, чтобы стал заметен тот эффект, который мы сейчас опишем» [8, стр. 205]

Таким образом, что должно получиться в квантовомеханическом опыте, известно заранее. Заранее известно и то, что должно получиться в классических условиях мысленного эксперимента с двумя отверстиями. Из схемы классического опыта ожидают получить результаты квантовомеханического опыта, а так как последние не получаются, то это считается «удивительным» и «нелогичным». Однако ожидание одинаковости результатов двух опытов правомерно лишь при достаточных основаниях для предположения тождества условий опытов [3]. Конечно, можно предположить, что квантовомеханические условия представляют собой лишь пропорциональное уменьшение размеров макрообъектов классического опыта, или просто мысленное изменение масштаба, — никаких иных новых условий, свойств, взаимосвязей и зависимостей при таком уменьшении не возникает. Но это предположение должно быть проверено на опыте.

Часто «мысленность» манипуляций с двумя отверстиями затушевывается и этот опыт даже рассматривается как «экспериментальное основание квантовой механики». При этом парадоксальность ситуации, создаваемая отождествлением мысленного эксперимента и реального опыта, приписывается предполагаемой таинственной сущности микромира, сравниваемого с «орешком, разгрызть который человеку не по зубам, ибо такова природа вещей» [8, стр. 215]. В данном случае все детали мысленного эксперимента представляют собой не связанные друг с другом макрообъекты с классическими макросвойствами. От того, что некоторые элементы этой схемы называют «электронами», они таковыми в отношении к неклассическим условиям опыта могут не быть. «Таинственная сущность микромира», «нелогичное поведение микрообъектов» на самом деле отражают то обстоятельство, что в схеме, построенной на классических принципах, невозможно, «совершенно, абсолютно невозможно» [8, стр. 200] создать эффект квантовомеханической системы. Следовательно, в квантовомеханической ситуации таких мыслимых в виде индивидуально изолированных, независимых от условий и неизменных деталей не существует. Из схемы, не определяющей физических условий, существенных для рассмат-

риваемых результатов опыта, бессмысленно делать выводы, условия истинности которых находятся вне этой схемы и которые, поэтому, из нее не следуют.

Ф. Энгельс в одном из фрагментов «Диалектики природы», говоря о том, что научные знания ничего не теряют от утверждения об их относительном характере, подчеркивает: «Для нас достаточно знать, что при одинаковых обстоятельствах должно иметь место одинаковое» [12]. Однако в литературе, касающейся квантовомеханических явлений, распространено мнение, будто в одинаковых условиях одинаковые результаты не получаются. Не видно никаких оснований такого «интереснейшего изменения в идеях и философии науки», якобы осуществленного квантовой механикой [7]. Для его обоснования, наряду с очевидно несостоятельными примерами, в которых указываются в качестве «одинаковых условий» несущественные для опыта факторы и опускается различие существенных условий [7, стр. 46—47], используются мысленные эксперименты, в которых обнаруживается смешение разнородных условий и событий, эклектическая смесь классических, т. е. в отношении к квантовомеханическому опыту вымышленных, образов и «полуквантовых» представлений, не достигающих понимания системного характера выделяемых элементов [1], [8], [11].

В книге Р. Фейнмана «Характер физических законов» говорится: «Один философ сказал: «Для самого существования науки совершенно необходимо, чтобы в одних и тех же условиях всегда получались одни и те же результаты». Так вот, этого не получается. Вы можете точно воспроизвести все условия, и все-таки не сможете предсказать, в каком отверстии вы увидите электрон» [11, стр. 161—162]. На самом деле нет никаких оснований говорить заранее, что при повторении опыта будут иметь место «одни и те же условия». Другой опыт — это принципиально не тот же самый опыт и его условия чем-то отличаются от условий первого.

Для определения реальных условий применения положения «в одинаковых условиях получаются одинаковые результаты» как методологического принципа необходимо иметь в виду следующее.

Любое событие происходит при бесконечном множестве других событий. Однако в высказываниях о физическом следовании в качестве условий указываются, естественно, лишь некоторые события. Это выделение осуществляется опытным путем. И поскольку «точно воспроизвести все условия» (какую возможность предлагает Фейнман) невозможно, то только опытным путем, т. е. по результатам, могут быть определены «одинаковые условия», относящиеся к некоторому событию по принципу: «Если повторяются эти условия, то повторяется это событие». Разумеется, этот принцип ничего не говорит о том, можно ли найти и в каком виде «одинаковые условия» в

конкретном случае. Выяснением этого вопроса занимаются конкретные науки. Имеющие место особенности конкретного познания и даже неудачные применения рассматриваемого принципа ничего не меняют в его смысле и значении. Не играет роли, всегда ли существуют «одинаковые условия» и всегда ли они могут быть найдены; важно, что есть случаи, когда эти условия находятся. В тех же случаях, когда такие «одинаковые условия» по каким-либо причинам не могут быть найдены, применение указанного принципа неуместно, а «опровержение» его на этом основании бессмысленно.

Таким образом, как мы уже говорили, в рассуждении с предсказанием «в каком отверстии электрон» парадокс основан на том, что в мысленном эксперименте предполагаются события классические (предполагаются такой «электрон» и такие отверстия, что электрон может находиться либо в одном, либо в другом отверстии), и эта мысленная ситуация, построенная на классических абстракциях, неправомерно приравнивается к условиям квантовомеханического опыта, где указанные события не имеют определенного смысла.

Мы не утверждаем, будто классические мысленные эксперименты в принципе непригодны, никак не связаны с опытом. На наш взгляд, при правильном сопоставлении квантовомеханических результатов и логических связей, содержащихся в мысленном эксперименте с двумя отверстиями и игнорируемых при классическом рассмотрении, вполне может быть определено корректное место этого эксперимента в системе объяснения явления дифракции электронов при прохождении через кристаллическую решетку и осуществлено преобразование схемы с двумя отверстиями из некорректной иллюстрации, служащей для создания эффекта «удивительного нелогичного микромира», — в средство наглядного отображения существенных моментов квантовомеханического процесса.

Следует иметь в виду, что схематизация любого физического явления и, следовательно, теоретическое исследование его невозможны без отвлечения от тех или иных моментов, несущественных, неопределенных или затрудняющих анализ на требуемой ступени «элементаризации» явления. Этот классический «познавательный произвол» и сопутствующее познанию классическое стремление к раздельной устойчивой детализации посредством «устранения всего лишнего» вполне закономерны, ибо нельзя объять необъятное. Как говорит Ф. Энгельс [12], глаз, который видел бы все, именно поэтому не видел бы ровно ничего. Соответственно указанной особенности познания, роль системных принципов в оценке научных знаний не ограничивается простой констатацией системных фактов, а определяется их методологической приложимостью к конкретным знаниям, четко выявляющей условия применения средств логического анализа.

Соблюдение принципов системности в конкретном исследовании обеспечивается, если используемая для анализа явления схема ставится в онтологическую связь лишь с такими знаниями, условия истинности которых не выходят за пределы свойств и связей элементов, отраженных в схеме. Повторим еще раз, что при схематизации физических явлений следует придерживаться системного правила: если из некоторой схемы, предложенной для анализа явления, следует «неверность» общих методологических принципов и логических законов, то это свидетельствует, скорее всего, о том, что в схеме не учтены существенные физические связи, и, прежде чем выводить из схемы «парадоксальные, непостижимые для здравого смысла следствия», следует выяснить достаточность и необходимость составляющих схему элементов.

Логические загадки, создаваемые некорректным сопоставлением классических мысленных экспериментов и квантовомеханического опыта, представляют собой не что иное, как известные в логике парадоксы связей, возникающие при игнорировании различия условий тех или иных событий, наблюдаемых в различных опытах. Парадокс связей может возникнуть, например, когда от истинности высказываний о физическом следовании « x при условии M и y при условии L » неправомерно заключают об истинности высказывания « x и y при условии M и L ». Априорное заключение об истинности такого высказывания на основании истинности первых высказываний приводит к логической ошибке, вызывающей различного рода недоразумения. Аналогичная картина возникает, когда в истинных высказываниях « x при условии M » и « y при условии M'' » определяют события x и y как несовместимые при условии M , опуская различие условий истинности этих высказываний [3].

Американский физик Дж. Орир, описывая мысленный эксперимент с прохождением электронов через два сначала попеременно закрываемые, затем одновременно открываемые отверстия, в котором «суммарный» результат оказывается не равным сумме «слагаемых», изображает его как пример, «противоречащий здравому смыслу», как основание для «сомнения в том, что $2+2=4$ в применении к физическим явлениям» [5, стр. 19, 20—22, 376, 377].

Логическая сторона дела в мысленном эксперименте с двумя отверстиями заключается в том, что из истинности высказывания: «При закрытом отверстии B через отверстие A в направлении к счетчику проходят 2 электрона» не следует истинность высказывания: «При открытом отверстии B через отверстие A в направлении к счетчику проходят 2 электрона». Никакого противоречия здравому смыслу в результатах эксперимента здесь нет. Парадокс возникает из-за того, что не учитывается различие условий высказываний, имеющее в эксперименте существенное значение. Для объяснения результатов

мысленного эксперимента достаточно предположить наличие связи между отверстиями и, вследствие этого, изменение ориентации отверстия *A* в зависимости от того, закрыто или открыто отверстие *B*. При этом условии вызывает удивление, что система «из двух отверстий» направляет электроны иначе, чем отдельные отверстия. На пример проявления когерентности действия системы связанных элементов указывал Ф. Энгельс. Имея в виду бой наполеоновской кавалерии — дисциплинированной, по малоискусной в верховой езде — с кавалерией мамлюков, в то время безусловно лучшей в единоборстве, но недостаточно дисциплинированной, Энгельс писал: «Два мамлюка безусловно превосходили трех французов; 100 мамлюков были равны по силе 100 французам; 300 французов обычно одерживали верх над 300 мамлюками, а 1000 французов всегда побивали 1500 мамлюков» [13].

Изображать кристалл, являющийся единой системой (тривиальная истина в физике твердого тела), в виде изолированных друг от друга отверстий можно лишь крайне приближенно. При таком изображении электроны не имеют никакой связи с кристаллом и проходят через отверстия, как через абсолютную пустоту. Ясно, что такая схема может сопоставляться с опытом только в том отношении, что электроны проходят сквозь тело, и невозможно утверждать, что при обоих открытых отверстиях электроны движутся в иных направлениях, нежели при одном закрытом. В этой упрощенной схеме данное различие не может быть выявлено. Если же требуется более строгое, по сравнению с классическим, отражение результатов прохождения электронов через кристалл, то необходимо уточнение связей и свойств выделяемых элементов, обеспечивающее появление соответствующих особенностей результатов опыта. Ступени этого уточнения могут включать представления о свободной, точечной во времени и пространстве и т. д. микрочастице вплоть до рассмотрения микрообъекта как протяженного во времени и пространстве процесса, физически связанного с включающей его системой.

Мистифицируемая Дж. Ориром «неприменимость к физическим явлениям» правила $2+2=4$ есть тривиальное обстоятельство, соответствующее всем случаям, когда выделяемые объекты переходят в качественно новое образование с изменением количественного значения их признаков и свойств. Так, объем «суммарного» газа, образующегося в результате химической реакции из двух «слагаемых» газов, не равен сумме объемов последних — при проверке «суммы» уже не существует указываемых слагаемых и говорить о сложении неуместно. Если в 10-литровый сосуд, содержащий 8 литров жидкости, наливают еще 8 литров, то получаемый при этом результат « $8+8=10$ » свидетельствует о наличии некоторого физического условия, и этот результат не следует рассматривать как эксперимен-

тальную основу для сомнения в том, что $8+8=16$. И явление дифракции электронов не имеет к правилу $2+2=4$ никакого иного отношения, кроме того, что «нарушение правила» указывает на связь результата опыта с происходящими в нем процессами. Ясно, что без учета этих процессов (а учет их может быть осуществлен в зависимости от формы информации об объектах опыта) количественный исход опыта будет загадкой.

Отсутствие должного внимания к системной основе квантовомеханического опыта явилось причиной появления ложных представлений об условиях применения в квантовой механике средств логического анализа. На игнорирование условий проявления физических особенностей микрообъектов как на обстоятельство, обусловившее возникновение иллюзий логической исключительности процессов микромира, обращается внимание также в работе Л. М. Злотникова [4]. В ней указывается, в частности, что «отрицание физического вакуума как одного из видов материальных сред, посредством которых осуществляется взаимодействие макроприборов с микрообъектом, исторически выступало в качестве важнейшего приема в обосновании «нелогичности» квантовых процессов микромира». В этих словах отражено требование рассматривать системные объекты в неразрывной связи со средой.

Проведенный анализ позволяет заключить, что путь корректного выяснения физической стороны квантовомеханических процессов и превращения квантовой механики из «парадоксального, но правильного» математического аппарата в осознанную физическую теорию требует привлечения к трактовке микроявлений принципов системного подхода, проникающего в настоящее время во многие области научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахиезер А. И., Полонин Р. В. Почему невозможно ввести в квантовую механику скрытые параметры.— «Успехи физических наук», 1972, т. 107, вып. 3.
2. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
3. Зиновьев А. А. Логика науки. М., 1971.
4. Злотников Л. М. Существует ли квантово-релятивистская логика?— «Философские науки», 1971, № 4.
5. Оппер Дж. Популярная физика. М., 1969.
6. Проблемы методологии системного исследования. Под ред. И. В. Блауберга, В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. М., 1970.
7. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике, вып. 1. М., 1965.
8. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике, вып. 3. М., 1965.
9. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике, вып. 8. М., 1966.
10. Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике, вып. 9. М., 1967.
11. Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1968.
12. Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1965.
13. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М., 1970.

НАУКОВЕДЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

В. Г. ГОРОХОВ

Системотехника возникла в результате усложнения процесса инженерного проектирования, необходимости его рациональной и научной организации. Она использует преимущества новейших научных исследований для решения сложных инженерных задач, причем эти задачи стимулируют появление новых форм организации научного знания в системотехнике. Системотехника представляет собой интенсивно развивающуюся область знания, «требующую комплексного науковедческого подхода и исследования» [7, стр. 122].

Системотехника как система знаний

Существует множество определений системотехники. Она рассматривается и как техническая наука, и как отрасль техники, и как научно-техническая деятельность. Однако можно выделить содержание, общее для всех ее определений. Системотехника представляет собой (а) сферу научно-технической деятельности, направленную на организацию процесса создания сложных инженерных систем, интеграцию их частей в единое целое; (б) комплексную область знания, объединяющую совокупность методов исследования и проектирования таких систем, а также анализа и организации инженерной деятельности; (в) особую методологическую позицию, связанную с целостным рассмотрением инженерной системы и процесса ее создания и основанную на системном подходе. В данной статье системотехника рассматривается преимущественно как область знания.

Еще рано говорить о системотехнике как научной дисциплине. Она опирается главным образом на средства и методы, заимствованные из других областей, а также на инженерный опыт. Происходит постепенная интеграция средств и методов различных дисциплин и создание на их основе собственных системотехнических методов, формирование принципов системотехники, теоретическое осмысление накопленного материала и его обобщение в единой теоретической системе.

Системотехника включает в себя эмпирические методы и приемы, разработанные в самой системотехнической практике; зна-

ния научных дисциплин, используемые при создании инженерных систем и организации инженерной деятельности, а также методологические знания и рекомендации.

(I) В системотехнике можно выделить, с одной стороны, различные методики, предписания, правила деятельности проектирования, эксплуатации, внедрения и т. д. сложных инженерных объектов, а с другой — знания различного типа. Но и сами методики и предписания предполагают использование и применение знаний. В них указываются характеристики конкретных классов инженерных объектов и набор возможных операций над ними. Эти знания могут быть разделены на технологические и конструктивно-технические знания. И те и другие учитывают и технологическую, и исследовательскую позиции, однако технологические знания прежде всего ориентируются на технологию производства.

Конструктивно-технические знания имеют преимущественную ориентацию на объект. Они соответствуют «вещественной структуре» инженерного объекта, которая представляет собой совокупность элементов, имеющих определенную форму, свойства и способ соединения. Поэтому такие знания называются конструктивными. Но они включают также эмпирические знания о технических процессах и параметрах функционирования инженерных систем и именно в силу этого названы конструктивно-техническими. Таким образом, конструктивно-технические знания — это эмпирические знания об отдельных элементах, структуре и процессах функционирования сложного инженерного объекта в определенной окружающей среде, которые являются результатом обобщения практического опыта при проектировании, изготовлении, отладке и т. д. этого объекта.

Технологические системотехнические знания являются знаниями о преобразованиях исходного материала в продукт в процессе изготовления и об операциях, обеспечивающих такие преобразования. Системотехнические знания о деятельности по созданию сложных инженерных объектов лишь условно могут быть названы «технологическими». Они должны быть отнесены не только к изготовлению инженерного объекта на производстве, но и к организации его проектирования и использования. На эти знания опирается целый ряд дисциплин, таких, как исследование операций, сетевой анализ, инженерная психология и индустриальная социология. Итак, технологические знания системотехники содержат методы создания инженерных систем и принципы их использования.

Можно говорить о двух основных уровнях знания в системотехнике: эмпирическом и теоретическом [10]. Эмпирические знания фиксируют возможно более полное описание объектов и создаются в процессе решения инженерных задач, при проектировании, изготовлении, отладке, эксплуатации инженерных объектов. Эти знания носят по преимуществу наглядный характер.

Конечно, в эмпирических знаниях имеется известная степень идеализации: абстрагирование в модели от некоторых черт объекта изучения, например, от характеристик развития объекта при его изображении на чертеже. Эмпирические знания предполагают моделирование объекта, который, как правило, замещается в различного рода графических представлениях. В процессе оперирования с этими представлениями получают знания, которые затем опять относятся к объекту. Такие модели используются для составления методик, для проектирования, при сборке инженерных объектов и т. д. Для решения всех этих задач выявляется необходимость в большом числе разного рода моделей и соответственно графических представлений, отражающих всевозможные аспекты инженерного объекта и деятельности по его созданию.

Эмпирические системотехнические знания составляют основу создаваемых в системотехнике проектов. Действительно, в проекте дается достаточно подробное описание конкретной инженерной системы и деятельности по ее созданию. Очевидно, в нем нельзя предусмотреть все побочные характеристики, которые выявляются в процессе разработки, а иногда и длительной эксплуатации. Таким образом, эмпирическими знаниями системотехники являются конструктивно-технические знания (об элементах, связях и процессах функционирования сложного инженерного объекта) и технологические знания о деятельности создания и использования инженерных систем.

Теоретические знания предполагают не подробное описание, а выделение некоторых аспектов изучаемых объектов, существенных в определенном отношении. Это отношение детерминируется средствами анализа, выработанными в той или иной теории. В результате идеализации объект изучения на теоретическом уровне представляется как «внутритеоретический», собственно идеальный объект научного знания. Так, например, геометрия оперирует с точками, прямыми, поверхностями и фигурами из них образованными; физика — с точечными массами, точечными зарядами, абсолютно твердыми телами. На теоретическом уровне знание развивается как самостоятельный «организм» по установленным правилам преобразования одних идеальных объектов в другие. Для объяснения научных фактов нет необходимости каждый раз обращаться к эмпирическому знанию, достаточно дедуцировать одни теоретические законы и знания из других. Теоретические знания системотехники включают знания технических, естественных и общественных наук, а также математические знания. Рассмотрим их подробнее.

(II) Технические знания, с одной стороны, являются продуктом технических наук, а с другой, применяются для решения определенных инженерных задач. Техническое знание рассматривается нами в рамках схемы «наука — инженерия — производство», которую следует отличать от широко распространен-

ной в науковедении схемы «фундаментальные исследования — прикладные исследования и разработки — производство». Под инженерией¹ понимается комплекс деятельности: изобретение, проектирование, конструирование, отладка и т. п., а наука включает в себя как «фундаментальные», так и «прикладные» исследования. Через инженерию производство связано с наукой.

Технические знания иногда противопоставляются научным знаниям. Л. В. Киселев, например, считает, что научное знание фиксируется в теоретических структурах и связано с созданием и исследованием идеальных объектов знания [4]. Оно функционирует в сфере науки независимо от практической деятельности человека. Техническое же знание с его точки зрения «вплетено» в эту деятельность. Оно функционирует в сфере инженерии и выступает в эмпирической форме, в форме предписаний. В техническом знании изменения объектов связываются с осуществлением конкретных практических действий. С позиции же научного знания практическое действие реализует «естественные» и «внутренние» потенциалы объектов к изменению. Техническое и научное знания в данном случае образуют две рядоположенные системы, связанные соответственно с инженерией и наукой. Л. В. Киселев вводит еще один тип знания — научно-техническое, с помощью которого осуществляется сознательное применение науки, т. е. взаимодействие научной и технической систем знания.

В приведенной классификации цели научного знания задаются по одному основанию (с позиции науки, где они «производятся»), а технического — по другому основанию (по области приложения). Любые знания, и научные, и технические, могут быть охарактеризованы как с точки зрения «места» их получения, так и в плане приложений, когда они используются в инженерной и других деятельности. Действительно, научное знание может быть описано в плане его приложения в инженерии. В этом случае оно так же, как и техническое, «вплетено» в инженерную деятельность. Этот аспект «выбивается» из классификации Л. В. Киселева и поэтому ему приходится специально вводить научно-техническое знание. Техническое же знание, бесспорно, может быть получено в науке, прежде всего технической, где оно часто выступает в теоретической форме, например, в теоретической радиотехнике.

В. В. Чешев противопоставляет техническое знание не в целом научному, а полученному в естественных науках знанию [14]. Технические знания отождествляются им со знаниями технических наук. Они составляют основу образования и деятельности инженера, решающего с их помощью различные технические задачи. В инженерной деятельности употребляются и

¹ Понятия «инженерия» и «инженерная деятельность» употребляются как тождественные.

технические, и естественнонаучные знания. Именно через деятельность осуществляется взаимодействие этих двух видов научного знания.

Данная классификация также имеет «изъян». Очевидно, что технические знания являются продуктом не только технических наук. Они могут обобщаться в виде практического опыта, т. е. быть эмпирическими знаниями. Таким образом, технические знания включают в себя и эмпирические, и теоретические знания. Знания технических наук составляют основную компоненту теоретических знаний системотехники. К теоретическим знаниям относятся также естественнонаучные знания. Научная база этих знаний значительно расширилась по сравнению с традиционной инженерией. В класс естественных наук, используемых инженером-системотехником, включаются анатомия, биология, физиология, знания которых становятся мощным средством создания инженерных систем. Появились и новые технические науки, такие, как инженерная психология, теория вычислительных машин, техническая эстетика.

Знания естественных наук охватывают природные, естественные объекты, знания технических наук — инженерные объекты. Основанием для различия естественных и инженерных, или технических, объектов служат категории «природа» и «техника» [15]. Инженерные объекты являются средствами деятельности, но в то же самое время они построены из «материала природы» и функционируют по законам природы. Естественнонаучные знания возникли из изучения природы, но в их сферу попадают и инженерные объекты. Например, некоторые разделы теоретической механики включают в себя знания о таких инженерных объектах, как блок, винт, наклонная плоскость и т. д. Знания же технических наук возникли из анализа структуры инженерных объектов и процессов, в них протекающих. Однако в то же время они есть результат использования в инженерии природных законов. Таким образом, инженерный объект в одно и то же время является объектом и естественнонаучного знания и знания технических наук. Он представляет собой «природно-техническую» систему.

В системотехнике в инженерный объект включаются не только машинные, но и человеческие компоненты. Требуется учитывать взаимоотношения человека и машины, отношения между людьми, а также связи системы и общества (фактор окружающей среды). Инженерные решения относительно этих частей сложного инженерного объекта основываются на знаниях целого ряда общественных наук: социальной психологии, социологии, экономики, лингвистики, семиотики и т. д.

Важнейшей компонентой системотехники являются математические знания. В ней используются, например, теория вероятностей, математическая статистика, теория игр, теория массового обслуживания, линейное программирование. Первоначально

предполагалось, что математика позволит связать работу отдельных специалистов, участвующих в создании сложного инженерного объекта. Действительно, одни и те же математические формы используются в различных областях, например, линейные дифференциальные уравнения для решения электрических, механических и термодинамических проблем. Однако традиционно математика служила средством применения физических понятий к инженерным проблемам. Системотехника же не столько связана с физикой, сколько с организационными информационными и коммуникационными аспектами. Инженерные решения, учитывающие отношения человек — машина, человек — человек и система — общества, не могут быть основаны на классической математике и физике. Осуществляется разработка специальных математических знаний для системотехники [19]. Однако эффективная стыковка инженеров-специалистов и компонентов инженерной системы, которые они создают, возможна только на базе методологических знаний.

(III) Методологические знания и рекомендации, как составная часть системотехники, связаны с обсуждением общих вопросов построения системотехнической теории, возникновения и тенденций развития системотехники в целом, путей приложения научных знаний и способов их получения в рамках системотехники и т. д. В качестве методологического знания выступают также принципы организации методик, учебного предмета и процесса и общие принципы и методы проектирования. Поскольку в настоящее время системотехника только формируется как самостоятельная область знания и ее методология разработана еще недостаточно, то большинство публикаций по системотехнике так или иначе затрагивают методологические вопросы.

Кибернетические знания и модели используются в системотехнике и как теоретические знания, и на уровне методологических рекомендаций. Принцип «черного ящика», например, применяется для анализа различных объектов: «и автоматического завода, и телефонной системы, и цифровой вычислительной машины, и даже человека» [11, стр. 25]. Кибернетические знания и понятия являются достаточно общими. Они основываются на изучении электронных, механических, нервных, экономических и других процессов. Поэтому кибернетические принципы нередко используются в системотехнике как «стержень», на который нанизывают все остальные системотехнические знания и понятия. Это позволяет применять достаточно общие средства решения инженерных задач, выработанные кибернетикой, а также разрабатывать единые формальные средства специально для решения типовых системотехнических задач. Однако абсолютизация кибернетических знаний как методологической основы системотехники имеет и отрицательные последствия.

Кибернетика рассматривает любые объекты и процессы, в том числе биологические, психологические и социальные в срав-

нительно узком операциональном контексте «машинизированного» преобразования. «„Ее предметом является область „всех возможных машин“» [17, стр. 15]. Кибернетизация, а следовательно, и машинизация представлений сложного инженерного объекта сужает область применения системотехники. Как указывает Н. Джордан [1], при проектировании деятельности операторов кибернетические представления в принципе не годятся. Кибернетические знания, хотя и обладают определенной общностью, не учитывают специфики социально-психологических, экономических и т. п. связей. В них все многообразие системотехнических знаний сводится к однозначному оперированию потоками (вещества, энергии, информации) на, так называемых, поточных диаграммах [18].

Ведущую роль среди методологических знаний системотехники играют общесистемные знания. Они прежде всего являются результатом выделения характеристик, общих для всех или, по крайней мере, определенных типов сложных инженерных объектов, таких, как иерархическое строение, наличие внешней среды, входов и выходов и стандартных блоков, различение функциональных блоков и их наполнений, поэтапная разработка и т. д. В этом смысле системотехника выступает как один из источников современных системных представлений. Кроме того, в системотехнике используются и конкретизируются принципы, понятия и методы анализа, выработанные в системных исследованиях в целом, например, представления о самоорганизации, целостности, уровнях анализа, периоде жизни и т. д.

Именно на основе системных идей в системотехнике вырабатываются собственные специфические методы оперирования объектами, их компонентами и параметрами, в том числе и формальные. Общесистемные знания содержатся почти в каждой работе по системотехнике. К ним относятся, например, определения понятий системы, подсистемы, окружающей среды, классификация основных свойств и процессов в системах, классификация систем и т. п. С помощью системотехнических знаний преодолевается ограниченность кибернетических представлений и понятий, поскольку задача системных исследований сводится к построению обобщенных теоретических схем не из «объектных», а из методологических соображений [9].

Таким образом, системотехническое знание представляет собой комплекс разных видов знания. Оно включает в себя: (I) эмпирические знания (технологические и конструктивно-технические), (II) теоретические знания технических, естественных, общественных и математических наук и (III) методологические знания. Между перечисленными выше типами знания существуют различные виды связей, и эти знания имеют различное употребление. С точки зрения науковедческого анализа необходимо выяснить, что же представляют собой и как сосуществуют все

эти знания в системотехнике, что объединяет эти формы системотехнического знания.

Все перечисленные знания относятся к единому объекту изучения системотехники: сложного инженерного объекта. Одни знания группируются вокруг отдельных элементов и связей сложного инженерного объекта, другие относятся к системе в целом или окружающей ее среде. Однако действительное единство и целостность как самого сложного инженерного объекта, так и всех знаний системотехники достигается в системотехнической деятельности, где производятся и сознательно применяются эмпирические, теоретические и методологические знания. Именно деятельность реально объединяет все эти знания. При этом интеграция всех «частичных» знаний системотехники может быть произведена методологическими средствами.

Таким образом, основной вопрос заключается в том, как зафиксировать целостность инженерного объекта в системотехническом знании. В традиционной инженерии она была очевидна. Механизмы, электрические и радиотехнические устройства и т. п. инженерные объекты создаются на базе какой-либо одной теоретической дисциплины, например, теории механизмов и машин, теоретической электротехники или радиотехники. Именно в таких теоретических дисциплинах дается целостное описание инженерного объекта. В системотехнике дело обстоит иначе. Вряд ли в данном случае могут служить образцом классические науки и традиционные технические науки. Их развитие увенчалось в конечном счете построением стройной единой теории. Комплексность этих дисциплин, неизбежная на первоначальных этапах развития, была преодолена и «снята» в соответствующих теориях. Комплексность же системотехнического знания, более жестко привязанного к инженерной практике, чем любые другие научные дисциплины, является скорее ее нормальным состоянием. Поэтому целостность объекта исследования системотехники — сложного инженерного объекта — далеко не очевидна.

При разработке такого, например, объекта системотехники, как автоматизированная система управления (АСУ) предприятием, увеличивается число разнородных блоков и теоретических дисциплин, используемых для ее создания. Скажем, для АСУ сам по себе блок «вычислительная машина» является достаточно сложным. Кроме того, возникает проблема теоретического описания экономических блоков учета, планирования, контроля. Для этого используются экономические и информационные модели, сетевые графики и т. п. Для теоретических моделей взаимоотношений между людьми, отношений между людьми и машинами, принятия решений требуются знания социологии, социальной, инженерной и педагогической психологии. В процессе создания АСУ используются также теоретические модели исследования операций, кибернетики, информатики и многих других дисциплин. Объединение и увязка частичных тео-

ретических моделей АСУ в единую комплексную модель возможны только на методологической основе, так как нет единой теории для такого рода объектов.

Сложность и разнохарактерность содержания системотехники требуют специального методологического аппарата. Таким аппаратом является, по нашему мнению, системный подход. Рассмотрим системотехнику как комплексное теоретическое исследование и роль системного подхода в организации системотехнических знаний.

Проблема методологического синтеза знаний понимается нами как осознание задачи кооперации специалистов в реальной системотехнической деятельности.

Системный подход как средство организации системотехнического знания

Существует множество теоретических исследований сложного инженерного объекта — социологические, экономические инженерно-психологические, информационные и т. д. Все они рассматривают с разных позиций один и тот же объект. Характерно, что в инженерной практике при решении каждой отдельной проблемы используются в едином контексте знания нескольких теорий, поэтому возникает задача их синтеза. Будем различать одноаспектные теоретические исследования и комплексные исследования сложного инженерного объекта.

Для *одноаспектных теоретических исследований* характерно четкое задание объекта теории, или идеального объекта. Единому объекту теории одноаспектного исследования соответствует множество объектов изучения. Например, в механике различные объекты рассматриваются с точки зрения их движения. При этом любой объект изучения представляется в виде совокупности идеальных точек и описывается как чистое движение данных точек, т. е. как особый идеальный объект. Сложный инженерный объект также рассматривается в каждом одноаспектном исследовании в определенном отношении: в теории информации — как совокупность информационных связей, в инженерной психологии — как система «человек — машина» и т. п.

Комплексное теоретическое исследование включает в себя целый ряд одноаспектных теоретических исследований. Комплексное исследование характеризуется множеством «частичных» идеальных объектов и одним объектом изучения. Средства и способы исследования выбираются из различных научных дисциплин или разрабатываются специально применительно к каждой конкретной проблеме. Такие теоретические исследования осуществляются в различных областях. Например, исследование знака является комплексным и включает в себя средства и представления социологических, логических, психологических теорий, теории информации и т. д. [16]. В науковедении также

осуществляется комплексное теоретическое исследование применительно к единому объекту изучения — науке, которая представлена в частичных идеальных объектах социологии науки, психологии научного творчества, логики развития науки, информатики [2].

Обычно принято делить исследования на «чистые» и прикладные. Иногда «чистое» исследование определяется как незаинтересованное в практике и направленное на получение знаний, прикладное — на применение полученных знаний в различных областях практики. Однако такое различие логически неудовлетворительно. В принципе всякая наука может быть рассмотрена безотносительно к использованию ее знаний и в связи с таким использованием. Даже самые абстрактные разделы математики имеют приложения. Кроме того, возникновение некоторых из них, например, исчисления бесконечно малых, было приложением математической теории, в данном случае к кинематике. Но никто не называет такие разделы прикладной наукой [5]. В то же время теоретическая радиотехника, относящаяся обычно к прикладным наукам, с одной стороны, имеет статус чисто теоретической дисциплины, а с другой — это, безусловно, прикладное исследование, ориентированное на определенную область инженерной практики.

Таким образом, любая наука, не исключая и прикладной, может быть охарактеризована как с точки зрения получаемых в ней теоретических знаний и выявляемых закономерностей, так и в плане приложений, когда научные знания используются в инженерной и других деятельности. При этом неверно «чистое» исследование отождествлять с теоретическим. Оно может быть одновременно и теоретическим и ориентированным на инженерную практику. Специфика такого исследования в том, что оно имеет более жесткие связи с инженерией.

Развитие инженерной практики в последнее время значительно ускорилось, и формирование необходимых теоретических дисциплин не успевает за ним. Инженерная деятельность опирается на результаты научных разработок, поэтому в системотехнике возникает проблема организации особого теоретического исследования сложных объектов. В данной связи требуется решить три задачи: организация теоретических знаний, стихийно используемых в системотехнике, в единую теоретическую систему; получение новых системотехнических знаний; трансформация этих знаний в область инженерных средств. Такие задачи, с нашей точки зрения, могут быть наиболее эффективно решены в рамках комплексного системотехнического исследования.

Сложный инженерный объект может быть представлен в системотехническом знании и как информационная система, и как система «человек — машина», и даже как элемент социальной системы. В комплексном теоретическом исследовании должны быть учтены все эти частичные представления. Его развитие

ориентировано прежде всего на задачу синтеза используемых в нем теорий. Данная задача связана с построением единого объекта теории, в котором были бы «сняты» идеальные объекты системотехнического знания. Методологическим основанием такого синтеза системотехнических знаний могут быть системные представления и понятия.

В самом общем виде будем рассматривать систему как методологическое средство описания объекта изучения комплексного теоретического исследования. Системы подразделяются на два типа: специальные и абстрактные системы. Абстрактную систему будем называть гиперсистемой.

Специальная система строится в рамках одноаспектного теоретического исследования для задания объекта теории, или, иначе говоря, идеального объекта знания. «Частичный» идеальный объект получает особую организацию, т. е. в «материале» объекта выделяются определенным образом организованные элементы и связи. В этом смысле можно говорить об экономической, информационной и т. п. специальных системах сложного инженерного объекта.

Гиперсистема — это методологическое средство, обеспечивающее единство комплексного исследования. Она представляет собой общую схему синтеза определенного класса специальных систем, т. е. особым образом представленных частичных идеальных объектов системотехнического знания. Гиперсистема задает способы и процедуры построения комплексной системной модели из специальных систем. В комплексном теоретическом исследовании представление объекта изучения меняется в зависимости от решаемой задачи. В него включаются частичные идеальные объекты в различной комбинации. Поэтому важно задать принцип, схему синтеза частичных идеальных объектов, общую для любой задачи в пределах данного комплексного исследования. Этот методологический принцип дает гиперсистема.

Для гиперсистемы характерны три особенности. Во-первых, она предполагает единый объект изучения для данного комплексного исследования. Поскольку объекты изучения в различных комплексных теоретических исследованиях разные: в одном случае — это наука, в другом — сложный инженерный объект, в третьем, — знак, то и гиперсистем может быть множество.

Во-вторых, гиперсистема предполагает фиксированный набор частичных идеальных объектов, т. е. известное количество одноаспектных теоретических исследований, включенных в данное комплексное исследование. Всякая гиперсистема опирается на определенный класс частичных идеальных объектов. В пределах данного комплексного исследования указанный класс остается неизменным. Однако из фиксированного набора частичных идеальных объектов, представленных как специальные системы, может быть посредством их различных сочетаний получено множество комплексных системных моделей. Эти модели соответ-

ствуют решаемым в пределах комплексного исследования задачам.

В-третьих, гиперсистема задает методологический принцип синтеза специальных систем. Это позволяет при решении каждой отдельной исследовательской задачи «собирать» специальные системы, необходимые для ее решения, в единое представление объекта изучения — комплексную системную модель. Гиперсистема обеспечивает тем самым единство комплексного исследования.

Организация комплексного теоретического исследования в системотехнике распадается на два этапа. На первом этапе знания используемых в комплексном системотехническом исследовании теорий представляются в виде специальных систем. Например, сложный инженерный объект (как информационная специальная система) должен быть описан совокупностью стандартных элементов: источников информации, чувствительных элементов, безэнтروпийных источников энергии и т. д. и существующих между указанными элементами информационных связей [II]. Тем самым решается проблема трансформации частичных научных представлений в специальные системы и между ними устанавливается определенное «системное» соответствие.

Полученный таким образом класс специальных систем на втором этапе включается в различные комплексные модели сложного инженерного объекта. Гиперсистема обеспечивает целостность получаемой каждый раз новой для решения той или иной системотехнической задачи комплексной системной модели. Многоаспектность сохраняется на обоих этапах комплексного исследования. Это позволяет рассматривать в едином контексте любое исследование сложного инженерного объекта, не сводя его к какой-либо одной теории. В то же время системотехническое исследование в таком понимании уже не будет просто агрегатом теоретических, эмпирических и методологических знаний относительно сложного инженерного объекта.

Таким образом, частичные идеальные объекты системотехнического знания, представленные в виде специальных систем, синтезируются в комплексную модель в соответствии с гиперсистемой. В эту модель могут включаться и различные технологические и конструктивно-технические знания системотехники, также описанные как специальные системы. Поэтому гиперсистема позволяет учитывать в комплексной системной модели инженерного объекта, кроме научных, инженерные требования и ограничения. Указанная особенность открывает возможность использования комплексной системной модели, полученной на теоретическом уровне, как исходного пункта разработки системотехнического проекта.

Из множества системных моделей выбирается одна или несколько моделей, наиболее соответствующих техническому зада-

нию. Системный характер модели определяет принцип распределения функций между проектировщиками по блокам, упрощает и сокращает проектировочный цикл, поскольку варианты системных моделей могут быть «заготовлены впрок» на теоретическом уровне. При проектировании остается только «вынуть» соответствующие системные модели из общей классификационной схемы и осуществить необходимую в проекте степень детализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джордан Н.* Распределение функций между человеком и машиной в автоматизированных системах.— «Инженерно-психологическое проектирование», вып. 1. МГУ, 1970.
2. *Добров Г. М.* Науковедение как наука об эффективном управлении научной деятельностью. М., 1971.
3. *Зиновьев А. А.* О возможности логического анализа науки.— «Логика и методология науки». М., 1967.
4. *Киселев Л. В.* О некоторых особенностях научно-технического знания.— «Проблемы деятельности ученого и научных коллективов», вып. IV. Л., 1971.
5. *Корач М.* Наука индустрии.— «Наука о науке». М., 1966.
6. *Микулинский С.* О науковедении как общей теории развития науки.— «Управление, планирование и организация научных и технических исследований», т. 2. М., 1971.
7. *Палладиев Н. М. К* вопросу о системотехнике как науке.— «Проблемы деятельности ученого и научных коллективов», вып. IV. Л., 1971.
8. *Ракитов А. И.* Курс лекций по логике науки. М., 1971.
9. *Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* О специфике методологического подхода к исследованию систем и структур.— «Логика и методология науки». М., 1967.
10. *Смирнов В. А.* Уровни знания и этапы процесса познания.— «Проблемы научного познания». М., 1964.
11. *Уилсон А., Уилсон М.* Информация, вычислительные машины и проектирование систем. М., 1968.
12. «Человек и компьютер», вып. 1 (Под ред. О. К. Тихомирова). М., 1972.
13. *Честнат Г.* Техника больших систем. М., 1969.
14. *Чешев В. В.* О взаимосвязи технических и естественных наук.— «Проблемы методологии и логики науки». — «Ученые записки Томского гос. ун-та», № 70, вып. 4. Томск, 1968.
15. *Чешев В. В.* О характере закономерностей, устанавливаемых техническими науками.— «Проблемы деятельности ученого и научных коллективов», вып. IV. Л., 1971.
16. *Щедровицкий Г. П., Садовский В. Н.* К характеристике основных направлений исследования знака в логике, психологии, языкознании.— «Новые исследования в педагогических науках». Известия АПН РСФСР, вып. 133. М., 1964.
17. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. М., 1959.
18. *Gosling W.* The Design of Engineering Systems. London, 1962.
19. *Wymore A. W.* A Mathematical Theory of Systems Engineering: The Elements. N. Y., 1967.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЛАСТИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Т. М. ПЕТРОВА

Целью данной статьи является анализ развития способов математического моделирования науковедческого объекта, обозначаемого обычно как «область исследования», «научная отрасль» и т. п., причем под «областью исследования» (как основным объектом моделирования) понимают обычно общую структуру для наличного массива эмпирических данных относительно некоторого множества конкретных исследовательских направлений. Как и в любых других дисциплинах, применение математического моделирования в науковедении связано с выделением некоторой частной области науковедческих реалий, удовлетворяющих условиям применения математического аппарата. В современной литературе этой теме посвящено значительное число работ, однако их сопоставление затруднено рядом обстоятельств, типичных для начального этапа применения математических моделей в некоторой содержательной области. Подавляющее большинство этих работ (Идлис Г. М., Карпов М. М., Мульченко З. М., Налимов В. В., Прайс Д. и др.) выполнены независимо друг от друга, в них используется различный математический аппарат, а построение математических моделей часто опирается на различные содержательные представления объекта. В связи с этим важное место занимает вопрос о поиске основания, по отношению к которому можно было бы провести сравнительный анализ способов моделирования в науковедении и сделать выводы об их развитии.

Выбор основания был обусловлен тем, что методологический аспект целостного изображения объекта как системы в настоящее время достаточно развит в литературе. В частности, методологические особенности развития системных представлений объектов как целостных образований рассматриваются на материале различных конкретных наук И. В. Блаубергом, В. Н. Садовским и Э. Г. Юдиным (см., напр., [1]). При этом в развитии системного изображения (в том числе и математического) объектов в отдельных науках очень грубо можно выделить следующие ступени:

1. При построении математической модели объекта данной дисциплины как целостности предполагается его изоморфизм со

строением объекта другой области, который уже довольно хорошо исследован; при этом язык описания целостности и модель целиком заимствуются у другой дисциплины.

2. Для описания целостности производится расширение системы понятий уже существующего языка (заимствованного или сложившегося в процессе эмпирических исследований целостности) и, соответственно, расширение ранее существовавших математических моделей.

3. Делается попытка формализовать непосредственно представление об исходной целостности и создать язык для ее описания. Тем самым появляется возможность многоаспектного рассмотрения объекта, поскольку вводимые понятия не ставятся в прямую зависимость от какого-либо одного класса показателей.

Перечисленные ступени и рассматриваются нами как фазы развития способов математического моделирования науковедческого объекта. Речь, повторяем, идет не об историческом развитии — работы выполнены, как правило, независимо друг от друга и на очень небольшом промежутке времени, а о сознательно используемом методологическом приеме.

Количественные исследования некоторой предметной области стали систематически проводиться Д. Берналом, Д. Прайсом и Ю. Гарфилдом. Наибольшую известность получили работы Прайса (напр., [2]), в которых массив знаний фактически отождествляется с массивом публикаций (см. об этом [3]). Количественные методы у Прайса в основном применяются для придания данным более удобного и обозримого вида и использовались для построения графиков, таблиц, диаграмм. Таким образом, не приходится говорить о математической модели, построенной Прайсом: он лишь применял статистические методы к анализу некоторых сторон области исследований. В последующем развитии количественных исследований науки сохраняется принятое в информационном подходе предположение, что область исследований репрезентируется массивом публикаций.

Применение к исследованию научной области математических моделей, привнесенных из других дисциплин, можно объяснить тем, что часто проводятся аналогии (см. [2, 4]) между процессами, происходящими в науке, и процессами, изучаемыми какой-либо дисциплиной, в частности, физикой или биометрикой. Автор таких математических моделей, специалист в некоторой области естествознания, обычно пытается применить понятийный аппарат своей области к исследованию науки. Наличие изоморфизма между процессами, происходящими в науке и рассматриваемыми некоторой дисциплиной, обычно никак не доказывается, а либо предполагается очевидным, либо на основании эмпирического исследования автор пытается показать, что его предположения близки к истине, т. е. что эмпирические данные довольно хорошо укладываются в предложенную схему.

Однако, хотя в рассматриваемых ниже работах широко используются статистические данные, их авторы в отличие от Прайса, не ограничиваются непосредственными эмпирическими характеристиками объекта. Для того чтобы на основе этих характеристик моделировать область исследования, авторы прибегают к таксономическому построению и вводят некоторую промежуточную структурную единицу. Эта структурная единица, с одной стороны, является средством организации непосредственных количественных данных, а с другой стороны — воспроизводит практически все содержательные характеристики объекта, существенно отличаясь от него своей динамикой и объемом.

Отсутствие терминологической общности в рассматриваемых работах вынуждает нас произвести для их сравнительного анализа предварительную унификацию терминов. При этом основной объект моделирования в рассматриваемых работах (дисциплина, отрасль исследований, научная область и т. п.) будет обозначаться термином «область исследования», а промежуточная структурная единица моделей — термином «исследовательское направление». Таким образом, общим для рассматриваемых работ будет предположение о том, что область исследования определенным способом связывает в целостность некоторую совокупность исследовательских направлений. В свою очередь, информацию о структуре и поведении исследовательских направлений мы можем получить из анализа эмпирических данных.

В соответствии с принятым нами членением рассмотрим вначале работы В. Гофмана [5, 6], в которых процессы развития проблемной области науки предполагаются изоморфными процессам распространения эпидемий, что дает возможность использования математической модели, разработанной в эпидемиологии. Автор считает, что этот подход позволит предсказывать будущее поведение существующих исследовательских направлений, а также появление новых исследовательских направлений в данной области [5]. Исследовательским направлением, на эмпирическом материале которого строится модель Гофмана, является исследование тучной клетки (динамика публикаций по этой проблеме). Процесс появления статей по данной теме, рассматриваемый во времени, автор описывает как процесс распространения эпидемии. Последний характеризуется понятиями популяции и группы состояний: восприимчивое, инфекционное, удаленное. В этих состояниях популяция находится в каждый данный момент времени. Переход от восприимчивого состояния к инфекционному вызывается передачей некоторого вещества восприимчивому индивидууму через инфекционного. Переход к удаленному состоянию происходит посредством удаления индивидуума из круговорота, например, вследствие смерти или выздоровления.

Для построения математической модели развития исследовательского направления между эпидемиологическими и науковедческими понятиями устанавливаются определенные соотно-

шения. Популяцией при этом называется общее число авторов, которые представлены в библиографии по данному исследовательскому направлению (2195 авторов). В любой данный момент в поле рассмотрения попадают три класса индивидуумов, которые: (1) публикуют статьи в данном исследовательском направлении, т. е. по одному из аспектов изучения тучной клетки, (2) имели в прошлом публикации в данном направлении, (3) могут опубликоваться в этом направлении в будущем. В эпидемиологических терминах эти особые классы индивидуальностей выступают соответственно как инфекционные (1), удаленные (2), восприимчивые (3). Автора относят к классу (1) с момента первого упоминания о нем в библиографии, к классу (2) через год после последнего упоминания в библиографии; к классу (3) относятся все те авторы, отмеченные в библиографии, первые работы которых появились после рассматриваемого момента времени.

Математическая модель процесса развития исследовательского направления строится следующим образом. В каждый момент времени процесс может находиться в одном из двух состояний: (а) стабильном, когда скорость изменения количества исследователей не меняется со временем, т. е. производная скорости по времени равна нулю, (б) нестабильном, когда производная отлична от нуля, т. е. скорость изменения количества исследователей не является постоянной. О процессе говорят, что он находится в состоянии эпидемии, если скорость изменения количества исследователей положительна.

Для популяции, состоящей из S авторов, которые в будущем могут написать статью по данному направлению, I пишущих статьи в настоящее время (исследователей) и R авторов, писавших статьи в прошлом, процесс развития исследовательского направления, по аналогии с процессом развития эпидемии, описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \delta S + \mu, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \gamma I + \nu, \\ \frac{dR}{dt} &= \delta S + \gamma I,\end{aligned}\tag{1}$$

где I , S и R — непрерывные функции вещественной переменной t , β — скорость инфекции, $\delta(\gamma)$ — скорость, с которой потенциальные авторы (исследователи) становятся «удаленными», и $\mu(\nu)$ — скорость, с которой новый запас потенциальных авторов исследователей входит в популяцию. Популяция, следовательно, растет во времени, и число новых исследователей, имеющих в наличии в данный интервал времени, пропорционально числу исследователей и числу потенциальных авторов в популяции.

Если процесс входит в эпидемическое состояние, то необходимо растет количество авторов, т. е.

$$\frac{dI}{dt} > 0.$$

Из этого условия следует, что

$$S > \frac{\gamma - \nu/I}{\beta} = \rho.$$

ρ — пороговая плотность потенциальных авторов, т. е. эпидемия не может начаться с некоторого момента t_0 , если только число потенциальных авторов в этот момент не превышает порога:

$$\rho = \frac{\gamma - \nu/\alpha}{\beta},$$

где α — число исследователей в t_0 . К тому же эпидемия не может поддерживаться в интервале $(t - t_0)$, если число исследователей не растет соответствующим образом.

Эпидемическая кривая — кривая скорости изменения количества исследователей, которая описывает развитие процесса во времени — задается уравнением:

$$\frac{dI}{dt} = f(t).$$

Процесс достигает макс и таким образом стабилизируется, когда

$$\frac{d^2I}{dt^2} = 0.$$

Ранее Гофманом было показано, что в этом случае

$$\frac{dR}{dt} = \text{const},$$

т. е. скорость изменения количества удаленных авторов постоянна в режиме стабилизации. Для анализа процесса развития исследовательского направления и предсказания его течения необходимо решение системы (1). Решение такой системы не всегда возможно, но аппроксимация решения получается применением рекурсивного выражения, записанного в векторной форме:

$$\bar{x}_t = \bar{x}_{t-1} [t - t_{t-1}] \bar{x}.$$

Обосновывая этот подход к изучению развития исследовательского направления, Гофман строит эпидемическую кривую, отражающую изменение количества исследователей, т. е. авторов класса (I) (рис. 2). Эмпирические данные взяты им из соответствующего библиографического справочника. Интервал по времени выбран в пять лет, так как это меньше интервала, в кото-

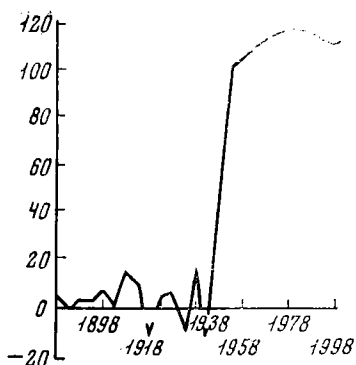


Рис. 1. Скорость изменения числа «удаленных» авторов (по работе [5])

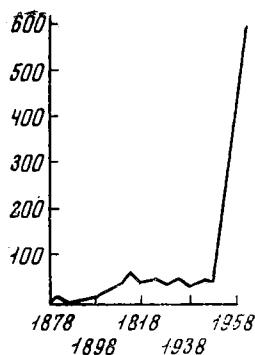


Рис. 2. Скорость изменения количества исследователей (по работе [5])

ром происходит полная флуктуация функции распределения. Гофман утверждает, что исследования тучной клетки не вошли в эпидемическое состояние до второй мировой войны, что отражается и в кривой, построенной для скорости изменения количества литературы в этом направлении. Состояние исследований было довольно стабильным. Стабильность эпидемического процесса, описываемого системой дифференциальных уравнений (I), предполагает, что скорость изменения числа «удаленных» авторов является постоянной. Далее автор рассуждает следующим образом: если система действительно описывает развитие исследований тучной клетки, то нужно показать, что за промежуток времени от возникновения данного направления и до начала войны отношение $\frac{\Delta R}{\Delta t}$ было примерно постоянным. Из кривой (рис. 1), построенной для скорости изменения количества «удаленных» авторов, следует, что в этот промежуток времени скорость действительно была близкой к постоянной. Отсюда делается вывод, что математическая модель хорошо описывает развитие исследовательского направления. Его поведение в будущем на графике показано пунктирной линией и получено аппроксимацией функции I . Аппроксимация функции может быть получена рядом:

$$I = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 \dots,$$

так как известно, что I — экспоненциальная функция. Аналогично приближается $\frac{\Delta L}{\Delta t}$. Таким образом определяется, что количество исследователей достигнет наибольшей величины в 1978 г.

С помощью этой же модели Гофман описывает поведение нового, ответвившегося исследовательского направления. Впрочем, вряд ли можно утверждать с большой степенью вероятности, что направление будет вести себя именно таким образом.

Так, например, выход из состояния стабилизации процесса развития исследовательского направления после второй мировой войны едва ли мог быть предусмотрен в рамках этой модели, прежде всего потому, что нам не известны действительные размеры популяции, в которой проводится исследование, неизвестно количество восприимчивых, т. е. будущих авторов.

В более поздней работе [6], выполненной совместно с Г. Хармоном, Гофман уже исходит из представления о том, что развитие исследовательского направления аналогично развитию эпидемии, т. е. предполагает, что такая аналогия — эмпирически установленный факт. На этой основе строится модель поведения области исследования, позволяющая предсказывать время появления научного открытия в одном из направлений данной области. Авторы эмпирически устанавливают некоторую периодичность появления открытий. Научное открытие предлагается рассматривать в виде полного, упорядоченного и конечного множества элементов информации, образованного в пространстве научного рассуждения. Его элементы сами могут быть упорядоченными множествами предшествующих вкладов в науку. Открытие представляет собой успешное завершение ряда усилий, направленных на получение необходимых элементов информации, установление границ множества и критерия упорядоченности. Приводящий к открытию процесс, таким образом, описывается образованием и преобразованием множества в ходе исследования и может проходить четыре состояния:

1. *Недостаточная и неупорядоченная информация.* В начале исследования существует лишь небольшое число элементов информации, которые не рассматриваются как существенные для исследования. Задача, таким образом, заключается не в упорядочении, а в накоплении информации, и лишь после такого исходного накопления возникает проблема упорядочения. Она может решаться разными способами, но для установления адекватной упорядоченности наличной информации может не хватать.

2. *Недостаточная, но упорядоченная информация.* Число элементов информации, относящихся к исследованию, достаточно для того, чтобы установить отношения порядка и наметить границы множества — открытия. Задача, следовательно, состоит в упорядоченности имеющейся и вновь поступающей информации.

3. *Достаточная, но неупорядоченная информация.* В процессе добывания информации получено достаточное или избыточное ее количество. В этом случае границы множества могут быть определены перестановкой элементов, хотя беспорядок во множестве еще сохраняется.

4. *Достаточная и упорядоченная информация.* Элементы переставляются до получения удовлетворительного множества — открытия. Границы множества устанавливаются так, что за его пределами остается избыточная и несущественная информация.

После того, как множество получено, оно может разрабаты-

ваться дальше, усовершенствоваться и т. д. С получением новой или с привлечением ранее исключенной информации множество может быть частично или полностью разрушено и возвращено в состояния (3), (2) или даже (1). Затем цикл получения и упорядочения информации частично или полностью повторяется до получения нового открытия. Последовательность связанных открытий формирует область исследований.

Математически такой процесс авторы представляют в виде марковской цепи с четырьмя состояниями, переходные вероятности которой — вероятности перемены состояния области исследования. Если марковская цепь, описывающая данную дисциплину, окажется эргодической, то согласно теореме о марковских цепях, величины, обратные стационарным вероятностям, будут равны средним периодам повторения соответствующих состояний. Так возникает возможность предсказывать появление каждого состояния, в том числе и состояния (4).

В качестве материала для эмпирического исследования авторы привлекают библиографию Черча, где представлены работы по символической логике с 1847 по 1932 г. В библиографии выделено два подмножества: «работы, которые имеют особый интерес или важность с точки зрения символической логики» и «работы, в которых впервые появилась новая идея фундаментального значения». На основе такого разделения публикаций авторы к состоянию (1) относят те годы, в которые не появилось ни одной работы, входящей в первое или второе подмножество; к состоянию (2) — годы, в которые появилась одна работа, имеющая особый интерес, и ни одной работы второго подмножества; к состоянию (3) — годы, в которые появилось несколько работ первого подмножества и ни одной второго; и к состоянию (4) — годы, в которые была опубликована хотя бы одна работа второго подмножества, знаменующая появление новой идеи фундаментального значения.

Оценка одношаговой переходной вероятности производится следующим образом. Пусть N_{ii} — количество переходов области исследований от состояния i к состоянию i в следующем году ($i=1, 2, 3, 4$) и N_{ij} — количество переходов области от состояния i к состоянию j ($i, j=1, 2, 3, 4$); тогда $\frac{N_{ij}}{N_{ii}}$ дает оценку вероятности перехода от состояния i к состоянию j . Одношаговые переходные вероятности, подсчитанные для любой пары, образуют матрицу 4×4 , из анализа которой видно, что марковская цепь, описывающая процесс, обладает свойством эргодичности и стационарные вероятности, полученные авторами, равны 0,44, 0,25, 0,23, 0,08. Средние периоды повторения состояний, найденные как величины, обратные стационарным вероятностям, составляют 2,2, 4,0, 4,4, 12,5 лет для (1), (2), (3), (4) состояний соответственно. Авторы отмечают, что движение от одного фундаментального открытия к другому происходит путем циклических ко-

лебаний между состояниями (1), (2), (3) до тех пор, пока не появится открытие. Вероятность сохранения более года состояния (4), как следует из матрицы переходных вероятностей, равна 0, т. е. это состояние неустойчиво. Неопределенность движения связана также с тем, что из состояния (3) процесс может и не прямо переходить в состояние (4), а возвратиться в одно из предыдущих состояний.

Процесс развития исследовательского направления описывается такими же уравнениями, как и развитие эпидемии, а развитие области исследований является аналогичным последовательности частично покрывающих друг друга эпидемий, каждая из которых представляет собой рост и спад частной сферы исследовательской активности внутри данной области. Эмпирические данные авторы выражают в виде эпидемической кривой, отражающей изменение числа исследователей (рис. 3), и отмечают, что развитие области исследований в целом выглядит как возобновляющаяся эпидемия с пиковыми и начальными точками, занимающими интервалы времени приблизительно в 25 лет. Это должно означать, что область исследований проходит через состояние (4) не только в начальных, но и в пиковых точках процесса развития. Другими словами, основные вклады в науку иницируют и стабилизируют каждую эпидемическую вспышку. Например, работы Фреге и Рассела по основаниям математики вызвали рост исследований в конце XIX в., и эта «вспышка эпидемии» была стабилизирована работой Цермело через 12,5 лет, после чего наблюдался спад активности приблизительно в течение 12 лет до публикации работы Гильберта.

Такой подход к вопросу о развитии исследовательских направлений дал авторам возможность говорить о предсказуемости развития области исследований, представленной в виде последовательности открытий в различных исследовательских направлениях. Авторы фактически предсказывают момент появления нового направления исследований (начальная точка эпидемической вспышки), но на вопрос о том, какими проблемами будет заниматься это направление, авторы не отвечают и вообще не ставят перед собой такой задачи. Они рассматривают некоторую область, различая в ней направления исследований только по интенсивности, а возникновение новых направлений и их развитие отражается на основной области «вспышкой эпидемии».

Попытка содержательного описания нового исследовательского направления сделана в работе А. Д. Мидоуза и Д. О'Коннора [7]. Вводя понятие степени связи сети цитирования, авторы расширили язык, описывающий область исследований, что позволило им содержательно выделить группу исследований, которая может оказаться новым ответвившимся направлением. В этой работе, как и в предыдущей, модель области исследований основывается на соотношениях, описывающих эмпирию, но с использованием накопленных понятий феноменологического

уровня. Эта модель опирается на сеть цитирования и использует понятие публикаций как некоторого объекта, обладающего определенными библиографическими свойствами. Таким образом здесь учитываются только библиографические свойства публикаций: определенное количество ссылок на статью; величина промежутка времени между представлением к публикации и публикацией статьи; уровень самоцитирования, т. е. количество ссылок на собственные статьи; уровень соавторства; величина полужизни статьи, которая характеризует скорость старения работы и определяется промежутком времени, после которого половина ссылок в статьях делается на работы более ранние, чем данная статья, а половина на более поздние.

В своем исследовании авторы попытались ответить на вопрос: можно ли исключительно из анализа литературы некоторой области исследований определить время появления и содержание нового исследовательского направления и, если это так, то как скоро после своего первого появления такое направление может быть обнаружено. Для простоты исследования было взято направление, ответившее в определенной области, в определенном месте и в определенное время, а именно направление, которому дало начало открытие пульсаров. Анализу была подвергнута литература о пульсарах, публиковавшаяся в течение первых двух лет с момента их открытия. Полученные данные были сопоставлены с соответствующими характеристиками основной области — астрономии.

При изучении библиографических характеристик литературы по новому направлению авторами было обнаружено, что они сильно отличаются от соответствующих характеристик литературы по астрономии. Те характеристики литературы, которые в «традиционной» области изменяются очень медленно, так, что практически в данном временном интервале их можно считать неизменными, в новом направлении меняются значительно быстрее (относительное постоянство таких характеристик, как среднее количество ссылок в статье и средняя величина полужизни работ, отмечалось в [8]). Именно поэтому авторы считают, что новое исследовательское направление может быть выявлено посредством анализа литературы в основной области.

Статьи авторов нового растущего направления появляются сначала в каком-либо одном журнале, где была опубликована статья-открытие, затем работы по этой теме постепенно появляются и в других журналах; при этом все журналы, в которых были напечатаны первые работы, характеризуются высокой скоростью публикации статей. Например, работы Ньюиша, открывшего пульсары, была напечатана в «Nature» через две недели с момента ее представления к публикации. Необходимость такой высокой скорости публикации объясняется очень короткой полужизнью статей в новой области; так, полужизнь статей о пульсарах 0,7 года, в то время как в основной области (астрономии)

полужизнь статей — 4—5 лет. Промежуток времени в 0,7 года ненамного больше времени между представлением и публикацией в традиционных журналах. Следовательно, статья автора нового направления, сданная в один из таких журналов, устаревает к моменту выхода.

С течением времени полужизнь статей в новом исследовательском направлении должна удлиняться и может достичь устойчивого состояния. Этот процесс можно объяснить следующим образом. Первая из работ — открытие, дающее начало новому исследовательскому направлению, не должна бы иметь предшествующей литературы для цитирования, и, значит, полужизнь ее цитат равнялась бы нулю. Как только литература в этой области накапливается, полужизнь работ должна удлиниться. Эта схема выполняется лишь в общих чертах, поскольку очевидно, что первая работа для того, чтобы появиться, должна содержать ссылки на несколько статей из смежных направлений.

Не остается неизменной и такая характеристика статьи, как количество ссылок. Эта величина в начальной стадии растет со временем, что объясняется, по-видимому, расширением исследовательского направления и, следовательно, увеличением количества литературы, пригодной для цитирования (в литературе о пульсарах среднее число ссылок выросло с 7,1 в 1968 г. до 9,9 в 1969 г.).

Уровень самоцитирования в новом направлении сначала выше среднего, так как в начале развития области всего несколько групп принимают участие в исследовании, и литература, пригодная для цитирования, является, в основном, продукцией именно этих групп. Затем к исследованию привлекается большее число ученых и доля научной продукции, произведенная любой группой, уменьшается; следовательно, должен понизиться и уровень самоцитирования.

Еще одна характеристика, по которой новое исследовательское направление отличается от основной области, — уровень соавторства. В новом направлении он несколько выше, что можно объяснить необходимостью комбинирования исследовательских усилий в разработке проблем нового направления.

Перечисленные характеристики еще не позволяют выделить новое развивающееся направление. Используя эти характеристики, можно только утверждать относительно некоторого уже выделенного направления, что оно является новым и растущим. Для выделения направления авторы предлагают использовать понятие степени связи сети цитирования, с помощью которой строится математическая модель выделения нового ответвившегося направления. С этой целью строятся граф, по вертикальной оси откладываются цитирующие работы в порядке их опубликования, по горизонтальной оси — цитируемые. При оптимальном варианте в каждой работе содержится ссылка на все предыдущие работы. Если каждую статью на графе отмечать квадратом

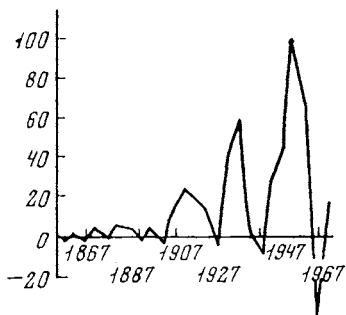


Рис. 3. Скорость изменения числа исследователей (по работе [6])

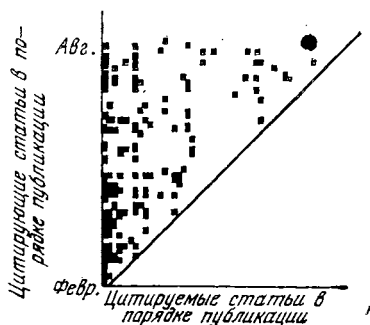


Рис. 4. Сноски в первых статьях о пульсарах (по работе [7])

единичной площади, то этот случай соответствует целиком заполненной треугольной области между вертикальной осью и биссектрисой угла (рис. 4). Степень связи сети цитирования измеряется отклонением от оптимального варианта, т. е. она определяется отношением площади треугольной области, заполненной квадратиками, к площади всей области.

Новое растущее направление в начальной стадии развития характеризуется высокой степенью связи сети цитирования, затем эта сеть в пределах направления становится значительно менее объединенной, поскольку количество цитат растет значительно быстрее количества литературы: появляются статьи, которые цитируются очень часто (ключевые статьи), в то же время ряд статей редко или вообще не цитируются.

Новая область выделяется анализом литературы в основном поле. Сначала разыскиваются группы высоко связанных работ, а затем другими проверками (доля самоцитирования, величина полужизни и т. д.) выясняют, определяет ли любая из этих групп новое растущее направление.

В последнее время предпринимаются попытки математического моделирования структуры области исследований, не опосредованные предметом изучения другой дисциплины и пригодные для членения науки в различных содержательных планах. Таким образом, если раньше рассматривались отображения области на предмет исследования другой науки или анализировались независимо друг от друга, каждый своим способом, различные аспекты развития научной области, то теперь исследователи стремятся выявить нечто общее в различных сторонах описания науки, построить внутреннюю структуру, не зависящую от эмпирических данных.

Решению этой задачи посвящена работа Т. Краузе [9], который пытается формализовать пространственное представление научной области как объединения определенного количества ис-

следовательских направлений. Краузе исходит из предположения о наличии связей близости и расстояния между областями, направлениями и т. д. Степень связи между направлениями может быть оценена различными классами данных; при этом предполагается, что она не зависит от базиса данных. Автор рассматривает два класса: данные, отражающие интеллектуальную продукцию науки, и данные, определяемые поведением ученых; соответственно он выделяет «интеллектуальную структуру» и «социальную структуру» некоторой области исследований.

На основе каких показателей могут быть сделаны выводы об «интеллектуальной структуре»?

1. На основе ссылок, поскольку интуитивно ясно, что число ссылок представителей одной специальности на работы другой может служить мерой степени связи между ними. Отнесение каждой ссылки и каждой статьи к тому или иному направлению осуществляется при помощи теоретического журнала, где публикуемые статьи классифицируются по специальностям. Ссылки, не включенные в перечень теоретического журнала, выходят за пределы области исследований и поэтому не рассматриваются.

2. Можно предполагать, что два направления близки друг другу, если они используют общие понятия. Количество таких понятий служит мерой близости между двумя направлениями.

3. Количество формальных и неформальных сообщений также служит мерой связи между двумя направлениями.

«Социальную структуру» науки могут описывать следующие показатели:

1. *Области компетенции.* Справочники отдельных научных ассоциаций содержат списки областей компетенции каждого члена. Чем чаще два данных направления объявляются областью компетенции одного и того же индивидуума, тем ближе они друг к другу.

2. *Присутствие на научных форумах.* В специальных материалах публикуются списки присутствовавших на определенном числе заседаний, посвященных исследованиям в каждом направлении. Количество общих имен в парах списков дает меру связи соответствующих направлений.

3. *Представление о различии между направлениями.* Ученым данного направления предлагается оценить несколько направлений по шкале сходства — различия. Ответы усредняются, чтобы получить оценку различия.

С этой целью Краузе применил к научной области аппарат Д. Б. Краскала [10], разработавшего способы построения и сравнения структур объектов в некоторых метрических пространствах. Этот способ применим для объектов, которые сами являются объединением определенного количества (n) некоторых объектов, причем между этими объектами должны существовать количественно оцениваемые различия. Каждый класс показателей Краузе рассматривает как некоторую количественную оцен-

ку сходства или различия между направлениями. Автор предполагает, что структура области исследований в значительной степени не зависит от базиса данных и, следовательно, характеризует область в основных отношениях.

Показатели сами по себе не являются расстояниями между направлениями, так как на множестве показателей устанавливаются лишь отношения порядка. Если p_{ij} — мера близости между направлениями i и j (например, p_{ij} может обозначать число ссылок направления i на направление j), то из отношения $p_{ik} > p_{il}$ следует, что направление k ближе к направлению i , чем направление l , но насколько ближе — сказать нельзя. Способы подсчета степени связи между направлениями могут влиять на упорядоченность и на симметричность свойств p_{ij} . Например, если в качестве показателей используется количество понятий, общих направлениям i и j , то необходимо $p_{ij} = p_{ji}$. Можно предположить, что лучшим показателем влияния одного направления на другое является отношение числа общих им понятий ко всей совокупности понятий, характеризующих второе направление. Если два направления имеют неодинаковое число понятий, то $p_{ij} \neq p_{ji}$. Для того, чтобы легче было соотносить показатели с расстояниями, автор вводит понятие разбиений, т. е. чисел с упорядочением, обратным упорядочению показателей: $s_{ij} = \frac{1}{p_{ij}}$ ($p_{ij} \neq 0$). Величина s_{ij} тем меньше, чем ближе направления, и наоборот, возрастает с увеличением различия между ними. Экспериментальная процедура предполагается симметричной; в противном случае можно рассматривать усредненные значения p_{ij} и p_{ji} или же обобщить применяемый метод, как это сделано в [10].

Структура области исследований в некотором пространстве представляется конфигурацией, т. е. совокупностью точек пространства, каждая точка ставится в соответствие направлению. Для простоты автор рассматривает t -мерное евклидово пространство. Ясно, что расстояние между точками в некотором смысле должно соответствовать введенным разбиениям. В идеале соотношение должно быть монотонным — в том случае, если разбиения s_{ij} и расстояния d_{ij} , записанные в порядке возрастания их величин, каждое в своем ряду занимают одну и ту же позицию. Графически это можно изобразить «диаграммой рассеяния». По горизонтальной оси откладываются расстояния, а по вертикальной соответствующие разбиения; паре чисел (d_{ij}, s_{ij}) соответствует точка на плоскости. При монотонном соответствии эти точки, очевидно, связываются монотонно возрастающей функцией.

Обычно требование монотонности не может быть вполне удовлетворено, и предпринимается попытка построить конфигурацию, в наибольшей мере соответствующую экспериментальным данным, т. е. такую, отношение между последовательностью рассто-

яний которой и разбиениями приближается к монотонному. Отыскивая такую конфигурацию, сначала задаются некоторой произвольной конфигурацией с точками $x^1, x^2, \dots, x^n$ и вводят монотонную последовательность чисел $\hat{d}_{ij}$, найденных как числа, наиболее близкие к d_{ij} , удовлетворяющие условию монотонности. Эта последовательность используется как эталон для оценки немонотонности последовательности расстояний. Отклонение последовательности расстояний от эталонной может оцениваться, например, методом наименьших квадратов. Тогда эталонная последовательность отыскивается с использованием этого же метода, т. е., имея некоторую конфигурацию с расстояниями между точками d_{ij} , получают монотонную последовательность чисел $\hat{d}_{ij}$, наиболее близкую к d_{ij} в смысле метода наименьших квадратов.

Теперь, когда эталонная последовательность уже известна, ставится задача построения конфигурации, лучше отражающей экспериментальные данные, т. е. последовательность расстояний которой меньше отличается в смысле метода наименьших квадратов от монотонной. Такую конфигурацию получают, рассматривая отклонение как функцию точек конфигурации, и «лучшей» будет та, последовательность расстояний которой минимизирует отклонение. Затем по построенной конфигурации разыскивается новая эталонная последовательность, как самая близкая к построенной конфигурации и т. д. Этот процесс «улучшения» конфигурации продолжается до тех пор, пока две последовательные конфигурации не совпадут с нужной точностью. Значение отклонения зависит также и от размерности пространства, в котором размещена конфигурация — вообще говоря, чем выше размерность, тем лучше пригонка. Разумно, по-видимому, выбрать такую размерность, чтобы отклонение было достаточно мало и дальнейшее увеличение размерности не давало бы ощутимых результатов. Если размерность пространства больше двух, для дальнейшего изучения могут использоваться ортогональные проекции конфигурации на различные плоскости. В некоторых случаях с помощью таких проекций могут быть выявлены существенные соотношения.

Для анализа построенных конфигураций автор вводит понятие центра и границ конфигурации, вложенных выпуклых многогранников. Эти понятия позволяют сравнивать конфигурацию по степени концентрации (рассеяния) специальностей относительно центра. Строится график, по оси абсцисс откладывается доля объема (v) конфигурации, содержащаяся в последовательных многогранниках, а доля специальностей (s), содержащаяся в этом же объеме, откладывается по оси ординат. В случае равномерного распределения точек график описывается уравнением $s=v$. Если распределение сгущается вблизи границы, то график близок к кривой $s=v^n$ ($n>1$), и чем больше n , тем больше концентрация у границы. Когда точки концентрируются вблизи

центра, график кривой $s = v^{\frac{1}{n}}$, ($n > 1$). В том случае, когда конфигурации имеют одинаковое количество точек, задача о подобии их формы может разрешаться сравнением последовательностей расстояний между точками конфигурации. Конфигурация также характеризуется размерностью пространства, так как интуитивно предполагается, что размерность соответствует сложности структуры данной области исследований.

Структура области исследований строится автором как нечто независимое от базиса исходных данных. Это создает возможность многоаспектного рассмотрения объекта, поскольку конфигурация может быть построена на основе любого количественно выражаемого показателя, а автором создан аппарат для ее анализа и сравнения с конфигурациями, построенными для других показателей. На этой основе может быть выработан критерий отбора показателей: если конфигурация, построенная по некоторому параметру, весьма сильно отличается от конфигураций, построенных по другим показателям, то это дает повод для дальнейших исследований возможности применения этого показателя, так как он может отражать какие-то другие связи. Эта модель пригодна также для историконаучных исследований: на различных этапах нельзя реконструировать определенные эмпирические представления, но существует дифференциация дисциплин и некоторые показатели и, следовательно, возможность структурного построения. Построенный автором аппарат позволяет рассматривать задачи из самых различных областей исследования науки и научной деятельности путем сведения их к анализу конфигураций. Например, может быть построена модель «интеллектуальной миграции» ученых, описываемая в терминах движения от направления к направлению, таксонометрического деления области исследований, определения статуса ученого и т. д.

В заключение нам хотелось бы отметить следующее. Иногда высказывается мнение, что необходимой предпосылкой успешного применения этих методов является строгая формулировка понятий и их соотнесение с эмпирическим материалом; поскольку же науковедение часто оперирует с понятиями, определенными на интуитивном уровне, а эмпирические данные могут получать на этом уровне различную интерпретацию, то и количественные способы организации этих данных, и, соответственно, математические модели объектов фактически не имеют объяснительной силы. На материале рассмотренных в статье работ мы стремились показать неправомерность такой жесткой точки зрения. Нам представляется, что количественные методы организации эмпирического материала и математическое моделирование различных типов науковедческих феноменов могут служить не только следствием, но и важнейшим средством уточнения содержания понятий и их соотнесения с эмпирией, то есть выполнять не

только описательную, но и конструктивную функцию. Необходимым условием такого использования количественных и математических методов является, однако, явно выраженная методологическая позиция более высокого уровня общности. В данной работе в качестве подобной позиции был избран системный подход.

Системное представление науковедческого объекта (в нашем случае таким объектом выступает область исследования) позволяет предполагать наличие у него определенных характеристик: иерархического строения, динамики, связи между элементами и т. п. Имеется достаточно представительный набор методов и процедур исследования объектов подобного класса в различных науках. В то же время существенным и даже решающим условием выбора тех или иных методов для изучения именно данного объекта является их соотнесение с эмпирическим материалом.

В рассмотренных работах установлено наличие иерархии между такими феноменами, как «область исследования» и «исследовательское направление». При этом развитие исследовательского направления удастся изобразить через динамику массива публикаций, а развитие области исследования — через поведение исследовательских направлений. В каждом случае (на содержательно различных областях исследования) модели получали удовлетворительное эмпирическое подтверждение, что принципиально невозможно при работе с интуитивными представлениями. Иерархическое установленное отношение между областью исследования и исследовательским направлением дает возможность для постановки задач другого рода — сравнительно раннего обнаружения новых исследовательских направлений (см. [7]). В этом случае также оказываются необходимыми количественный анализ и математическое моделирование.

Количественно сформулированное представление об иерархии области исследования позволяет ставить вопрос о ее структуре — о «расстояниях» между отдельными существующими внутри области исследовательскими направлениями.

Мы меньше всего склонны канонизировать рассмотренные работы. Предпринятые их авторами попытки моделирования науковедческих объектов далеко не совершенны (некоторые их недостатки были отмечены в ходе нашего анализа). Тем не менее они, на наш взгляд, свидетельствуют о том, что количественные и математические методы исследования науки как системы уже на современном этапе развития науковедения являются не только перспективным, но и необходимым для дальнейшего исследовательского прогресса методологическим средством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход в современной науке.— «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
2. Прайс Д. Малая наука, большая наука.— «Наука о науке». М., 1969.
3. Мирский Э. М. Системный подход к изучению науки (методологические замечания).— «Системные исследования. Ежегодник-1973». М., 1973.
4. Налимов В. В., Мульченко З. М., Наукометрия. М., 1969.
5. Goffman W. Mathematical Approach to the Spread of Scientific Ideas — the History of Mast Cell Research.— «Nature», 1966, vol. 212, N 5061.
6. Goffman W., Harmon G. Mathematical Approach to the Prediction of Scientific Discovery.— «Nature», 1971, vol. 229, N. 5280.
7. Meadows A. J., O'Connor J. Bibliographical Statistics as a Guide to the Growth Points in Science.— «Science Studies», 1971, vol. 1, N 1.
8. Прайс Д. Квоты цитирования в точных и неточных науках, технике и не-науке.— «Вопросы философии», 1971, № 3.
9. Krauze T. Social and Intellectual Structure of Science — a Mathematical Analysis.— «Science Studies», 1972, vol. 2, N 4.
10. Kruskal J. B. Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis.— «Psychometrika», 1964, vol. 29, N 1.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ПОЛУЖЕСТКИХ СИСТЕМ

А. А. МАЛИНОВСКИЙ, Е. Д. СМЕРНОВА, Л. Г. ШВИДЧЕНКО

Выявление факторов и условий, определяющих эффективность систем, является одной из важнейших задач теории систем. Решение этой задачи позволяет глубже понять закономерности различных типов систем, найти наиболее объективные методы их оценки и методы управления ими. Проблема эффективности систем имеет особо актуальное значение для прикладных наук, целью которых является анализ и сопоставительная оценка тех или иных явлений.

Что значит эффективность системы? Понятие эффективности относительно и различно для разных систем. Более того, даже по отношению к одной и той же системе критерий эффективности может меняться в зависимости от поставленной задачи. Когда, например, идет речь об эффективности биологической системы, то в одном случае это может быть жизнеспособность, в другом — продуктивность, в третьем — размножаемость вида и т. д. Показателем эффективности территориальной единицы может быть и урожайность сельскохозяйственных культур, и устойчивость биогеоценоза, но может быть и потенциальная пригодность для определенного использования (градостроительного, рекреационного и т. д.). Таким образом, под эффективностью системы в первом грубом приближении можно понимать относительные размеры ее существующей функции (например, жизнеспособности) или функции потенциальной (например, пригодности для какого-либо использования).

Разработка обобщенных методов определения эффективности зависит от типа системы и поэтому должна проводиться дифференцированно. Наиболее просто этот вопрос решается в случае пассивных жестких систем, сложнее обстоит дело с другими типами.

Здесь следует напомнить элементарное деление систем на крайние по своей структуре типы [1]:

1. Дискретные (корпускулярные) системы состоят из более или менее эквивалентных элементов, характеризуются раздробленностью этих элементов, их взаимной относительной заменяемостью и аддитивностью в смысле влияния на свойства системы, способностью к отбору и свободной комбинаторике. Примерами систем этого типа служат: вид животных, где каждое животное более или менее эквивалентно любому другому животному того же вида, а увеличение численности животных увеличивает в общем устойчивость вида; однотипные рефлекторные реакции; любые однотипные образования в неорганической природе, начиная с однотипных молекул газа или жидкости.

2. Жесткие пассивные системы характеризуются такой структурой, при которой каждый элемент является необходимым и незаменимым. В связи с этим их эффективность (т. е. прочность, жизнеспособность, продуктивность или пригодность, в каком-либо отношении) лимитируется относительно слабым элементом¹.

Крайним элементарным примером пассивных жестких типов в области неорганической могут служить похожие друг на друга, но незаменимые по своему положению звенья обычной цепи; никакая повышенная прочность одного звена не может заменить роли другого ослабленного элемента. Сходным примером является почва, естественное плодородие которой зависит от наличия ряда элементов, необходимых для растений. Выпадение любого из них нарушает эффективность системы, снижая плодородие почвы.

В пределах каждого уровня организации материи встречаются системы обоих названных типов, а также промежуточные — полужесткие. Как правило, высокая организация достигается с помощью элементов, соединенных по жесткому типу. Однако слабая сторона такого типа — большая уязвимость вследствие того, что, как было сказано выше, любой из элементов системы, ослабляясь, может лимитировать ее эффективность. Поэтому в природе чаще встречаются не чисто жесткие, а различные формы полужестких систем.

Типы, промежуточные между жесткими и дискретными, могут строиться на основе различных принципов. Одни, так сказать, «гибридные» системы просто соединяют оба типа путем чередования их на разных уровнях организации [2]. Другие — «звездные» — характеризуются тем, что несколько элементов связано с одним, объединяющим их. В индивидуальном развитии биологического организма такие системы выступают как почти жесткие, а в эволюционном — как почти дискретные (кроме центрального

¹ Здесь подчеркивается слово «относительно», означающее отношение к требованиям системы. Так, например, нормально прочность поясничных позвонков у человека должна быть выше, чем шейных. Поэтому если бы прочность тех и других оказалась абсолютно одинаковой, это означало бы, что поясничные относительно ниже по прочности.

элемента [1]). Принципиально возможны также случаи, когда все элементы связаны примерно в равной степени, но не вполне независимы. Примеры этого можно видеть в сетевых связях, от простых сетей до сложно переплетающихся поведенческих реакций.

Несомненно, существует и масса других типов полужестких систем. Оценка их эффективности или жизнеспособности, по-видимому, должна дифференцироваться в зависимости от особенностей каждого типа.

Следует заметить, что возможно рассмотрение любой системы с двух точек зрения: с точки зрения ее внутренних связей, т. е. связей между ее элементами, и с точки зрения ее внешних отношений, отношений к другим системам или к внешней среде в целом [6], т. е. к «сверхсистеме». Второй аспект рассмотрения часто приводит к оценке системы как жесткой, так как различные ее характеристики, обычно являясь необходимыми для ее существования, находятся именно в таком взаимном отношении, что снижение любой характеристики снижает устойчивость всей системы в целом.

Эти положения, разработкой которых занимается теория систем, имеют существенное значение для многих прикладных исследований, в частности, в географии. В географических исследованиях прикладного назначения нужны синтетические обобщения многих факторов. Поэтому объектами исследований служат именно природные территориальные комплексы (ПТК), ранг которых определяется масштабом составляемых карт и целями оценки.

В своей интересной, но весьма дискуссионной статье, разбор положений которой может быть предметом специальной работы, А. Ю. Ретеюм [5] исходит из крайне разнообразных определений ландшафтных единиц, ссылаясь, например, на выделение в качестве таких единиц Русской равнины или Урала. Он считает ландшафты лишь классификационными объединениями. Мы здесь рассматриваем природные территориальные комплексы как единицы, имеющие отнюдь не только классификационное значение, но сохраняющие как в генезисе и взаимодействии их компонентов и морфологических частей, так и во внешних отношениях определенные черты целостной системы.

Ландшафт, как и любой другой природный территориальный комплекс, является незамкнутой системой, имеющей внутреннюю и внешнюю структуры.

Внутренняя структура определяется внутренней организацией ландшафта, природными взаимосвязями его компонентов и морфологическими особенностями. Она находит свое выражение в свойствах ландшафта: целостности, устойчивости, способности к регуляции. Свойства каждого компонента, которые формируются благодаря его взаимосвязи с остальными компонентами, зависят от свойств ландшафта как целого.

Внешняя структура ландшафта как системы выражается в характере отношений ландшафта с теми или иными системами (или подсистемами), соприкасающимися с ним, и зависит от них. С ней связаны те функции ландшафта, которые предопределяют возможность его использования для каких-либо целей.

Таким образом, наиболее важная для целей оценки внешняя структура ландшафта представляет собой совокупность потенциалов его использования, жестко связанных между собой потребностями общества. При этом, рассматривая эффективность ландшафта как определенного единства, мы включаем в его внешнюю структуру только те его стороны и свойства, которые отвечают внешним требованиям, связанным с задачами оценки, ибо не все свойства ландшафта, а лишь некоторые его стороны играют решающую роль в его связях с каждой конкретной внешней системой, соответствующей какому-либо виду использования (сельскохозяйственного, градостроительного и др.), раскрывая те или иные внутренние потенции ландшафта. В этом проявляется тесная взаимосвязь внутренней и внешней структуры ландшафта, определяющая роль в которой принадлежит внутренней структуре.

Основной вопрос, который требует в настоящее время неотложного решения,— это преодоление методических трудностей, возникающих при составлении многофакторных интегральных оценок для выбора оптимальных вариантов планировки и прогнозирования возможных изменений географической среды.

В географии проблема оценки в настоящее время занимает одно из центральных мест. Оценка современного или прогноз возможного изменения состояния природных ресурсов дает возможность рекомендовать наиболее рациональное использование территории. При оценке территории даже для какого-нибудь одного вида использования большей частью применяется самая простая — оценка в баллах. Баллы иногда расшифровываются словами «благоприятные и неблагоприятные» или «хорошие, средние и плохие», но это не меняет фактического выделения того или иного количества оценочных групп. От планируемого назначения территории зависят критерии, которые кладутся в основу оценки. Однако чрезвычайно редко оценка может быть произведена по одному фактору, и обычно приходится сопоставлять разнородные признаки: природные, экономические, социальные и многие другие. Например, при оценке для строительства оцениваются свойства грунтов, уклоны поверхности, глубина водоносных горизонтов, однако также учитываются залесенность, расположение строительной площадки, наличие залежей полезных ископаемых и пр. Сведение в единую оценку всех показателей, важных даже для одного из возможных видов использования ландшафта, представляет большую трудность. Простое сложение баллов часто приводит к абсурдным выводам. Введение дополнительных коэффициентов весомости разных факторов, применяе-

мое рядом авторов, может привести к грубым ошибкам даже при тщательно разработанных шкалах оценки, так как удельный вес отдельных показателей в интегральной оценке плохо поддается объективному количественному определению.

Еще сильнее проявляются трудности сопоставления многих факторов при сопряженной оценке разных видов использования территории. Здесь приходится совмещать уже не только показатели разных факторов, влияющих на оценку, но и сами оценки, различные по содержанию и имеющие разную значимость в народнохозяйственном планировании. Экспериментальные разработки коэффициентов значимости факторов по обследованным ключевым участкам малоэффективны, поскольку коэффициент зависит не только от цели оценки, но и от зональных и азональных условий; он не может быть единым на более или менее значительной и разнородной территории.

При рассмотрении вопроса об использовании ландшафтов в рекреационных целях (например, для отдыха или туризма) анализировались отношения природного территориального комплекса к требованиям рекреации [4]. Понятно, что и характеристики одного и того же ПТК, и система его внешних отношений меняются в зависимости от рекреационных задач. При этом оказалось, что многие реальные системы ПТК в своих внешних отношениях к требованиям рекреации могут часто рассматриваться как жесткие. Это имеет существенное значение, ибо при оценке такой системы достаточно знать наиболее слабое ее звено, чтобы характеризовать систему в целом. Кроме жестких, были выделены «уравновешенные», или «компенсационные» системы, где недостаточность одних факторов в значительной степени может компенсироваться избытком других факторов. В первом случае (в жестких системах) какие-то слабые звенья могут лимитировать ценность природного территориального комплекса для рекреационного использования. Слабым звеном могут быть, например, транспортная недоступность, чрезвычайно холодный климат, наличие эндемического очага инфекции и т. д. Во втором случае (в «компенсационных» системах) недостаток одного фактора может в какой-то мере уравновешиваться избытком другого (например, для прогулок плохое качество леса может компенсироваться наличием холмистого рельефа с многоплановыми живописными панорамами).

В проведенных исследованиях была выявлена методологическая значимость еще одного понятия из области теории систем, а именно понятия так называемого активного звена [3]. При наличии активного звена оценка системы, если она не лимитировалась по первому типу, почти целиком определялась одним положительным звеном, причем все остальные звенья отступали на задний план. Таким активным звеном могут быть, например, побережья теплых морей, независимо от того, имеется ли в ближайшем окружении лес или степь, холмистая эта область или равнинная.

Поскольку наличие теплого водоема является здесь самым важным фактором для отдыха, то все остальные играют уже по сравнению с ним третьестепенную роль. Следует при этом заметить, что если попытки применить математические методы к многофакторному анализу, без обоснованных значений весомости факторов, не дают удовлетворительных результатов, то при наличии их логического обоснования они могут приобрести большое значение. Таким логическим обоснованием в первую очередь является системный анализ, помогающий произвести:

а) отбор ограниченного количества наиболее существенных условий и факторов, влияющих на оценку; б) построение их простейшей классификации по активности, по лимитирующим, компенсационным или паритетным свойствам; в) установление логической последовательности и значимости оценочных признаков и разработку их критических (лимитирующих) параметров; г) синтез разнородного многофакторного материала и определение этапов синтетической оценки с логически последовательным блокированием территории для того или иного вида использования; д) определение места каждого региона в общей оценочной шкале.

Аналогичные ситуации часто встречаются в области биологических явлений. В роли лимитирующего звена может, например, выступить любая незаменимая особенность животного организма: недостаточная быстрота бега у жертвы по сравнению с хищником (а также и у хищника по сравнению с жертвой), неустойчивость к инфекциям, нарушение координации движений и т. д. Ко второму типу, где возможна компенсация, относится, например, способность организма переходить из неблагоприятных условий существования в условия более благоприятные. Это имеет место при сезонных перелетах птиц или передвижении стад в горных областях летом на высокие пастбища, зимой в долины и предгорья. Самый факт возможности такой компенсации зависит в последних примерах от существования определенной управляющей подсистемы. Для всеядных животных возможна смена питания. Небольшая сердечная недостаточность может компенсироваться усилением работы легких и т. д.

Активные звенья в животном мире связаны в основном с наличием какого-то преимущества, способного разрушить противостоящие системы. Например, для хищника таким преимуществом является его вооруженность в борьбе с жертвой, для жертвы — ее защитное приспособление, подобное панцирю у черепахи или быстроте передвижения у зайца; последний, несмотря на другие слабые стороны, может разрушить систему нападения хищника, имея возможность достаточно опередить его и уйти от угрозы непосредственного соприкосновения с ним.

Но, рассматривая как биологические, так и географические системы, следует отметить, что среди них широко представлен определенный тип систем, которые в зависимости от разных ситу-

аций выступают то как пассивные жесткие, то как промежуточные (в которых возможна почти полная взаимная компенсация отдельных элементов), то, наконец, как жесткие с активным звеном. В структуре рассматриваемого типа участвует целый ряд разнородных элементов, как незаменимых, так и взаимнозаменяемых (что послужило основанием условно назвать такие системы гетерогенными). В этом отношении типичным примером может служить пищевая система организма. Целый ряд элементов здесь вполне может в той или иной степени заменяться другими. Жиры и углеводы, как энергетические источники, могут заменять друг друга и заменяться белками. Рассматривая составляющие белков — аминокислоты, мы видим, что недостаток некоторых из них может компенсироваться избытком других.

Но наряду с этим в составе пищи обязательно должны присутствовать и многие совершенно незаменимые элементы. Это — несколько незаменимых аминокислот (например, метионин и гистидин), некоторые минеральные вещества (кальций, калий и др.), микроэлементы, наконец, витамины. Недостаток любого из этих составляющих нарушает жизнедеятельность организма и выступает как лимитирующее звено в отношении его жизнеспособности. При этом существенно, что если объем такого «слабого звена» ниже определенного уровня, это может привести даже к гибели организма. Переходя к более высокому уровню (но оставаясь слабейшим), оно будет в основном определять жизнеспособность организма (независимо от других, достаточно представленных звеньев). Наконец, подъем такого элемента выше определенного уровня в принципе совершенно меняет его роль. Дальнейшее повышение его объема может быть безразличным для организма, или (как для незаменимых аминокислот) этот элемент может выступать как уже равноценный другим органический источник строительного материала и энергии. Таким образом, при повышении показателя элемента может происходить его переход из зоны незаменимости в зону, где он становится одним из простых слагаемых, аналогичных другим (вообще заменимым), с которыми у него в новой роли возможна взаимная компенсация. Наконец, дальнейшее (обычно весьма большое) превышение и этого уровня может привести к тому, что появляются какие-либо отрицательные (токсические) или положительные (например, специфические фармакологические) действия данного элемента пищевой системы на организм (гипервитаминозы, избыток фтора, использование глютаминовой кислоты, гистидина и пр. в фармакологии и т. д.).

Аналогичную картину (и в некоторых отношениях — более полную, в связи с возможностью перехода ряда элементов к роли «активного звена»²) мы можем наблюдать при рассмотрении

² В приведенном нами биологическом примере мы не можем с уверенностью указать случаи перехода незаменимых или заменимых элементов к роли «активного звена».

природных территориальных комплексов с точки зрения их рекреационного или иного использования. Проиллюстрируем это на ряде примеров.

Оценка территории СССР для размещения учреждений стационарного отдыха включает учет целого ряда элементов, определяющих экономическую целесообразность строительства и эксплуатации домов отдыха в течение всего года. При этом подсчет количества дней с температурой, физиологически приемлемой для отдыха, показал, что можно сразу, без анализа остальных звеньев системы отдыха (т. е. вод, растительности, рельефа и др.) исключить из планов строительства домов отдыха как непригодные территории крайнего севера СССР с коротким, прохладным или дождливым летом и продолжительной, суровой зимой, а также высокогорные области с ледниками и вечным снежным покровом. При переходе к условиям природных территориальных комплексов средней полосы Европейской части Союза и ряда предгорий и среднегорий с длинным теплым летом и умеренно холодной зимой, отличающихся продолжительностью благоприятных для организма человека температурных условий до 7—10 месяцев в году, климатический фактор выступает уже как положительный элемент в системе предпосылок для стационарного отдыха. При дальнейшем повышении температуры воздуха климат постепенно вновь теряет значение положительного фактора и в пустынях Средней Азии опять выступает как элемент, лимитирующий отдых.

Другой элемент рекреационной системы — водоемы. Полное их отсутствие лимитирует возможность отдыха в пустынных областях. Небольшие водоемы — элемент положительный, но заменимый другими на территориях лесной и лесостепной зон. В случае же обширных водоемов этот элемент, как уже говорилось выше, выступает в качестве решающего положительного активно действующего фактора, особенно на побережьях теплых морей.

Подобные изменения типа систем в связи с количественными изменениями одного из ее элементов можно проследить и при переходе от одного уровня организации к другому, и при изменении одного ПТК во времени, и при сравнении ПТК, разобобщенных в пространстве. Графически влияние величины различных элементов на эффективность описанных разных систем показано на рис. 1 и 2.

Ниже уровня II незаменимы элементы *A, B, C, D*. Если хотя бы один из этих элементов имеет показатель ниже уровня I, это ведет к полной неэффективности (дезорганизации, гибели) всей системы. Между уровнями I и II полностью определяет эффективность системы тот элемент, который по сравнению с другими

Примеры активного звена в биологии мы приводили из другой области — отношений между особенностями хищников и жертв, т. е. из области экологии.

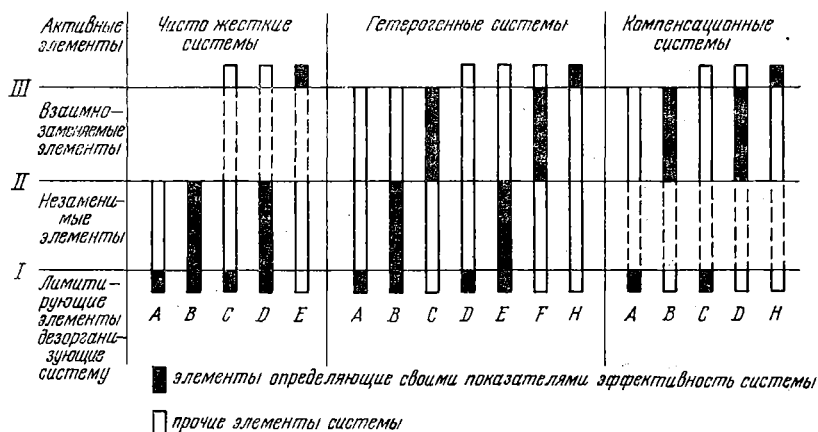


Рис. 1. Эффективность различных типов систем в зависимости от состояния их элементов

находится в минимуме. Между уровнями II и III, при дальнейшем повышении показателей этих элементов, они могут или совсем потерять влияние на состояние системы (D) или же могут выступить неспецифически, как E, F, G, имея возможность своим избытком компенсировать недостаток заменимых элементов. Выше уровня III поднимаются лишь отдельные активные элементы (C, G). Они определяют общую эффективность за счет своих высоких показателей. И, наконец, чисто активный элемент H, т. е. при любых количественных его показателях не выступающий ни как лимитирующий, ни как компенсируемый другими факторами, полностью определяет своими показателями эффективность системы (например, лечебные грязи в системе санаторного лечения соответствующей болезни), если она не нарушена отсутствием незаменимого элемента.

Можно заметить, что для любого вида отдыха общими при оценке будут следующие положения:

Условия и факторы всех видов отдыха образуют различные системы: 1) чисто жесткие системы с лимитирующим звеном; 2) чисто жесткие с лимитирующим и с активным звеном; 3) гетерогенные системы без активного звена и с активным звеном и 4) компенсационные системы. Эффективность всех этих типов определяется параметрами тех условий и факторов, которые диктуются требованиями различных видов отдыха. В жестких системах со слабым лимитирующим звеном (см. рис. 1) оценка зависит от того, насколько близко показатели лимитирующих условий подходят к критическим состояниям (уровень I), ниже которых система становится непригодной для организации отдыха. В конкретных случаях мы видим, что даже при наличии

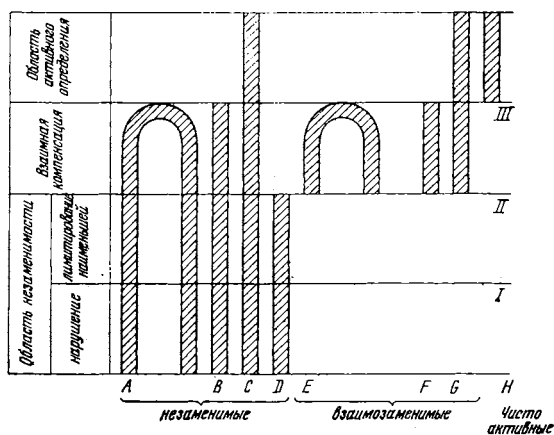


Рис. 2. Изменение роли элементов в эффективно-сти систем

выраженных активных звеньев нарушение санитарно-гигиенических требований (незаменимый элемент) лимитирует возможность рекреационного использования ПТК. Такими же свойствами обладают и некоторые другие звенья, лимитирующие массовый отдых и туризм — охрана природы, рациональность более рентабельных видов использования и др.

Если показатели лимитирующих условий — выше критического уровня. I, то эффективность системы определяет то условие, которое находится ближе всего к критическому уровню; оно, следовательно, играет ведущую роль при оценке системы. При отсутствии лимитирования и наличии активного звена последнее полностью определяет эффективность системы. Например, лечебные грязи решают организацию определенного санаторного лечения, но при условии, что остальные элементы расположены выше уровня I. Следует отметить, что в зависимости от постановки задачи один и тот же элемент может играть совершенно различную роль. Примером может служить наличие пляжей. Если речь идет о водном туризме, для которого основное значение имеют размеры водоемов, их незамкнутость и эстетические качества берегов, то наличие или отсутствие пляжей лишь очень мало влияет на оценку. Напротив, характер пляжей — это один из наиболее активных элементов для организации близ пионерских лагерей купания детей, для которого мало существенна замкнутость водоема, лимитирующая водный туризм.

В гетерогенных системах либо имеется жестко лимитирующее звено, либо, если лимитирующие условия находятся достаточно далеко от критического уровня I, т. е. уже выше уровня II — эффективность системы определяется активным звеном, а при его отсутствии — комплексом взаимозаменяемых по качеству элемен-

тов (леса, рельеф, дренаж и пр.), причем в связи с их взаимной заменимостью ценность ПТК для использования может быть тем выше, чем выше все их показатели. Часто, благодаря полной взаимной заменимости элементов, низкое качество одних факторов компенсируется высокими значениями других (компенсационные системы).

Подводя итоги сказанному, можно отметить следующее:

1. Применение теории систем аналогично применению математики не только благодаря абстрактному обобщенному характеру системных закономерностей, но и в том отношении, что в зависимости от поставленной задачи возможно рассмотрение одних и тех же объектов как систем разного типа (так же как при применении математических методов могут выбираться именно те количественные показатели, которые важны для решения данной проблемы).

2. Одной из важнейших задач теории систем является оценка эффективности различного типа систем, где под эффективностью может разумеаться как существующая, так и потенциальная функция системы. При этом эффективность системы всегда должна рассматриваться в определенном аспекте, в зависимости от поставленной задачи.

3. Предложенное ранее выделение крайних типов систем — жестких и дискретных — позволило сформулировать основные особенности эффективности этих систем. При рассмотрении эффективности вполне жестких систем необходимо учитывать, что она всегда зависит от относительно наиболее слабого звена, поскольку все звенья в таких системах взаимно незаменимы. Это очень упрощает оценку таких систем. Эффективность дискретных систем в простейших случаях зависит от качества и суммарного эффекта всех элементов.

4. Большинство реальных систем относится к промежуточному типу, совмещающему подсистемы, элементы или особенности систем жесткого и дискретного типа. В частности, к ним относятся системы: 1) «гибридные» (с чередованием на разных уровнях жестких и дискретных); 2) «звездные» (в которых элементы связаны между собой через один центральный элемент); 3) «сетевые» (с частично незаменимыми элементами); 4) «гетерогенные» (совмещающие наличие незаменимых и взаимозаменяемых элементов), эффективность которых при известных условиях определяется одновременно всеми элементами. При увеличении или уменьшении показателей отдельных элементов такой системы они могут стать активными или лимитирующими, а система из полужесткой перейти в тип жесткой пассивной или активной системы.

5. «Гетерогенные» системы являются одним из наиболее распространенных типов. Они широко представлены среди биологических, географических и других сложных объектов. Однако из-за их сложности определение их эффективности представляет известные трудности. В них, как и в жестких системах, имеются

незаменимые элементы двух типов: 1) те, которые при их недостаточности лимитируют эффективность системы; 2) те, в которых (если система уже устойчива) даже один «активный» элемент может практически целиком определять эффективность системы, независимо от большей или меньшей суммы положительных заменимых элементов. Наряду с ними в гетерогенной системе имеются положительные взаимозаменяемые элементы, как в системе нежесткого типа.

6. Рассмотрение эффективности «гетерогенных» систем в зависимости от состояния незаменимых и заменимых элементов позволило наметить определенную последовательность ролей тех и других элементов по мере их относительного количественного роста в системе.

Рост эффективности всей системы происходит сначала за счет роста того незаменимого элемента, который ограничивает ее, затем — за счет увеличения суммарного эффекта заменимых элементов (включая «избыточные» незаменимые, и, наконец, если имеется «активный» элемент в системе, — за счет возрастания его значения).

7. «Гетерогенные» полужесткие системы потенциально могут выступать как жесткие. По мере постепенного повышения уровня самого слабого звена такой системы она сначала выступает как вполне жесткая (пока хотя бы один незаменимый элемент лимитирует ее эффективность), затем — как система с взаимной компенсацией элементов (т. е. близкая к дискретной) и, наконец, если один из элементов достигает уровня активно определяющего, — как система жестко-активного типа.

8. Систематизация и конкретное дифференцированное изучение различного типа систем является ближайшей задачей теории систем, решение которой открывает возможности более широкого применения этой новой дисциплины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малиновский А. А. Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение. — «Проблемы кибернетики», вып. 4. М., 1960.
2. Малиновский А. А. Общие вопросы строения систем и их значение для биологии. — «Проблемы методологии системного исследования». М., 1970.
3. Малиновский А. А. Значение качественного изучения управляющих систем для теоретических вопросов биологии. — «Применение математических методов в биологии». Сб. III, Л., 1964.
4. Нефедова В. Б., Смирнова Е. Д., Упит И. А., Швидченко Л. Г. Методы рекреационного районирования. — «Вопросы географии», вып. 88. М., 1973.
5. Ретеюм А. Ю. Физико-географические исследования и системный подход. — «Системные исследования. Ежегодник-1972». М., 1972.
6. Щедровицкий Г. П. О принципах классификации наиболее абстрактных направлений методологии структурно-системных исследований. — «Проблемы исследования систем и структур. Материалы к конференции». М., 1965.

О НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСЧИСЛЕНИЯ ОРГАНИЗОВАННОСТИ ПРИ СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ

Ю. М. ГОРСКИЙ

К центральным понятиям общей теории систем относятся, в частности, организованность, упорядоченность, сложность, цель, информация и энтропия. Дальнейшее развитие системного анализа и особенно его практических приложений во многом будет зависеть от того, насколько удастся разработать методы формализации этих понятий, создать аппарат для их исчисления и установить формализованные связи между этими понятиями.

Одна из первых задач, которая здесь возникает, это создание методов исчисления организованности, так как трудно однозначно говорить об организованности системы, не имея количественных способов ее оценки [10]. Все попытки, которые в этом направлении пока делались, как правило, исходили из предпосылки, что организованность можно определять через количества статистической или комбинаторной информации [1], [2], [6]. Нетрудно показать, что при таком подходе организованность будет отражать только частный случай из всего многообразия форм проявления организованности в системах. Действительно, организованность может рассматриваться в трех основных разрезах — в отношении состава, структуры и свойств, причем как на уровне всей системы в целом, так и на уровне ее подсистем и элементов. Кроме того, внутри этих основных градаций организованность выступает как временная, пространственная, алгоритмическая, структурная и статистическая. Она также может быть относительной и абсолютной, внешней и внутренней, целевой и нецелевой.

В настоящее время назрела необходимость в создании общих методов исчисления организованности, которые были бы применимы как для всей системы в целом, так и для ее отдельных элементов. Представляется, что предпосылки для построения таких методов уже созданы многочисленными работами философов и биологов. Однако пока еще отсутствует общий аппарат для формализации и исчисления организованности.

В этом плане настоящая работа посвящена определению некоторых отправных положений исчисления организованности. При этом делается попытка установления связи между организованностью и другими важными понятиями — сложностью, упорядоченностью, информацией и энтропией.

Система, сложность, упорядоченность и организованность

Всякая система обладает той или иной степенью организованности. Организованность системы следует рассматривать в трех основных разрезах: внутреннем — вопросы конструкции системы, динамическом — вопросы ее развития и поведенческом — вопросы ее функционирования.

В дальнейшем будем говорить только о поведенческой организованности, полагая, что основные выводы могут быть распространены и на два других вида организованности.

Организованность функционирования больших искусственных, биологических и социальных систем, взятых на каком-то этапе их развития, т. е. когда можно считать, что структура системы и ее дерево целей постоянны, определяется тремя основными факторами: осведомляющей информацией (текущей и хранящейся в памяти системы), качеством работы узлов, формирующих управляющую информацию (информация принятия решения) и средствами организации (исполнительными органами, реализующими управляющую информацию в вещественно-энергетические воздействия).

Организованность можно рассматривать в отношении как всей системы в целом, так и отдельных ее элементов. При этом показатели организованности будут относительными к месту нахождения наблюдателя — например, наблюдатель может находиться на верхнем уровне иерархии управления и с этого уровня оценивать организованность функционирования какого-либо элемента, находящегося на низшем уровне иерархии управления. Очевидно, что в общем случае его оценка будет существенно отличаться от оценки наблюдателя, находящегося на уровне рассматриваемого элемента. Кроме того, развивая идею Б. М. Кедрова [5], представляется, что организованность системы, а также ее составляющих элементов, необходимо рассматривать с трех позиций — состава, структуры и свойств.

Организованность, как будет показано ниже, является сложной функцией от более простых характеристик системы: сложности и упорядоченности.

Сложность — это обобщенная характеристика элементов системы. В зависимости от того, что понимается под элементом, эта характеристика будет отражать сложность состава, либо структуры, либо свойств системы. Сложность состава, в свою очередь, является функцией либо числа элементов, входящих в систему, либо их разнообразия. Сложность структуры системы — это функция числа связей либо их разнообразия. Аналогично, сложность свойств системы — функция числа свойств либо их разнообразия. Так, например, сложность поведения системы (на уровне алгоритмов — алгоритмическая сложность) можно оценивать функцией числа элементарных операций, содержащихся в алго-

ритме, или функцией разнообразия этих операций. На более высоком уровне следует говорить об алгоритмической сложности как функции от общего числа алгоритмов поведения, которыми обладает система, или функции от их разнообразия.

С другой стороны, перечисленные выше параметры сложности могут рассматриваться в пространстве или (и) во времени. Так, например, алгоритмическую сложность во времени можно представить функцией от числа или разнообразия алгоритмов, используемых системой для формирования своего поведения в течение выбранного отрезка времени, а алгоритмическую сложность в пространстве — как функцию от числа или разнообразия алгоритмов, хранимых в памяти системы. Таким образом: сложность (G) системы можно представить в виде:

$$G_{i(n)} = \varphi(n) \quad (1)$$

$$G_{i(N)} = \varphi(N),$$

где n , N — соответственно число и разнообразие рассматриваемых элементов.

Если рассматривать сложность на уровне простейшего алгоритма, например, $z = \frac{x}{2} + \frac{x^2}{4} + \frac{x^3}{8} + \dots + \frac{x^m}{2^m}$, то $n = 3m - 2$, а $N = m + 1$.

Данное определение сложности близко к философским понятиям сложности [7—9] (например, в [9] сложность определяется как разнообразие элементов) и не противоречит сложившемуся интуитивному ее пониманию в физико-технических науках. Тем не менее оно еще не отражает всех сторон этого понятия, если не раскрыть роль функции φ . По существу функция φ характеризует то, как производится обобщение рассматриваемых элементов системы. Если обобщение производится в предположении аддитивности элементов, то тогда сложность выражается просто числом элементов или их разнообразием. Такая характеристика сложности будет как бы «собственной» в том смысле, что она дается наблюдателем, находящимся на уровне элементов системы, т. е. наблюдателем, который не знает того, как влияет на те или иные показатели функционирования системы увеличение числа или разнообразия ее элементов.

Сложность будет «приведенной», когда наблюдатель находится над уровнем элементов системы, т. е. он знает, как число или разнообразие элементов влияют на определенные показатели функционирования системы, и исходя из этого знания число или разнообразие элементов системы «приводит» к выбранному показателю функционирования системы. В этом случае обобщение элементов уже проводится в предположении их неаддитивности.

Следовательно, сложность может быть:

а) «собственной», тогда выражение (1) обращается в

$$\begin{aligned} G_{i(n)} &= n; \\ G_{i(N)} &= N; \end{aligned} \quad (2)$$

б) «приведенной» к какому-либо показателю функционирования системы y , тогда функция Φ будет характеризовать связь показателя y с n или N и эту связь можно представить через функцию чувствительности $\frac{\partial y}{\partial n}$ или $\frac{\partial y}{\partial N}$.

Так, если воспользоваться ранее приведенным примером с алгоритмом $z=f(x)$, принять $x=1$ и функцию Φ рассматривать как чувствительность $\frac{\partial z}{\partial N}$, то как раз получим, что Φ с достаточной степенью точности будет аппроксимироваться логарифмической зависимостью, т. е. $G_N = \log N$.

Функциональная связь Φ в большинстве случаев может быть представлена четырьмя основными формульными зависимостями: линейной, степенной, экспоненциальной и логарифмической. Если иметь в виду последний вид связи, то выражения типа $\log n$ или $\log N$ будут являться разновидностью показателей сложности системы, численные значения которых в ряде случаев будут совпадать со значениями комбинаторного количества информации.

Кроме дифференцированной оценки сложности по составу, структуре, свойствам в принципе можно производить эквивалентную оценку сложности системы. Однако в этом случае необходимо определить веса отдельных составляющих сложности и вид их вхождения в эквивалентный показатель.

Перейдем теперь ко второй составляющей организованности — упорядоченности. Под упорядоченностью принято понимать [9] определенный вид абстракции, характеризующий различие (разнообразия) отношения порядка и элементов множества. Применительно к задачам функционирования представляет интерес рассмотреть отношения порядка между $X_{от}$ — множеством значений какого-либо параметра x , принятых за эталонные (в целевой интерпретации это значения x , соответствующие границе области полного достижения цели $\xi(x_j) \in X_{от}$ и X — множеством значений, которые может принимать параметр x в процессе функционирования системы). Между элементами этих множеств могут быть установлены следующие основные отношения порядка:

$\xi(x_j) \geq x_j$ при $j = \overline{1, 3, \dots, n}$ — упорядоченность сверху,

$\xi(x_j) \leq x_j$ при $j = \overline{1, 2, \dots, n}$ — упорядоченность снизу.

Кроме этих, как бы внешних отношений порядка, внутри каждого множества могут существовать еще свои внутренние отношения порядка *, например:

$$\left. \begin{aligned} x_1 = x_j \quad \text{при} \quad j = 2, 3, \dots, n \\ x_1 < x_2 < \dots < x_n \end{aligned} \right\} x_i \in X.$$

Неупорядоченность, т. е. нарушения одного из приведенных отношений порядка, соответственно может быть внешней и внутренней. Неупорядоченность количественно можно характеризовать либо просто числом нарушений отношения порядка, что допустимо интерпретировать как проявление внешнего или внутреннего разнообразия, либо абсолютной или относительной величиной различия действительного значения x от того, которое соответствует отношению порядка. Исходя из этого, дадим следующее содержательное определение внешней неупорядоченности.

Неупорядоченность — это мера различия какого-либо выбранного параметра, например x в отношении эталона порядка $x_{\text{эт}}$, которая стремится к нулю при $x_j \rightarrow x_{\text{эт}}$. Здесь x_j какой-либо рассматриваемый параметр (пространственный, временный, статистический и т. д.) в j -й реализации, а $x_{\text{эт}}$ эталонное значение того же параметра, которое принимается за центр упорядоченности. При этом вокруг центра упорядоченности предполагается наличие некоторой квазиупорядоченной зоны, внутри которой с точностью до $\varepsilon \rightarrow 0$ обеспечивается упорядоченность. В соответствии с этим неупорядоченность в дальнейшем будем рассматривать в отношении $\xi(x_j)$ — расстояния от центра упорядоченности до границы квазиупорядоченной зоны.

По виду соотношения x_j с $\xi(x_j)$ возможен целый ряд видов представления неупорядоченности. Отметим основные, представляющие интерес с точки зрения практического использования:

1. Абсолютная

$$\bar{Y}_{ja} = |x_j - x_{\text{эт}}| / \xi(x_j). \quad (3)$$

В более общей форме, оперируя с векторной величиной, от (3) можно перейти к выражению

$$\bar{Y}_{ja} = q_j - \xi(x_j), \quad (4)$$

где q — модуль вектора рассогласования.

2. Относительная

$$\bar{Y}_{ja} = \frac{\bar{Y}_{ja}}{\Delta}, \quad (5)$$

* Заметим, что в математике упорядоченность, либо частичная упорядоченность, обычно рассматривается внутри множества и в пределах отношений типа неравенств.

где Δ — некоторая величина, по отношению к которой рассматривается абсолютная неупорядоченность. Например, Δ может быть величиной квантования или какой-либо зоной, к которой соотносится абсолютная неупорядоченность.

3. Степенная (сравнительная). Здесь возможны три основных вида соотношений

$$\left. \begin{aligned} \bar{Y}_{jc} &= \frac{\bar{Y}_{ja}}{\xi(x_j)} \\ \bar{Y}_{jc} &= \frac{\bar{Y}_{ja}}{x_{\text{эТ}}} \\ \bar{Y}_{jc} &= \frac{\bar{Y}_{ja}}{q_{\text{макс}}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $q_{\text{макс}}$ — максимально-допустимая величина рассогласования.

Кроме того, возможен еще ряд производных представлений степенной неупорядоченности, из которых практический интерес представляют выражения:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } x_{\text{эТ}} > x_j \quad \bar{Y}_{jc} &= \frac{x_{\text{эТ}} - \xi(x_j)}{x_j} - C \\ \text{при } x_{\text{эТ}} < x_j \quad \bar{Y}_{jc} &= \frac{x_j}{x_{\text{эТ}} - \xi(x_j)} - C \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\bar{Y}_{jc} = \frac{q_j}{\xi(x_j)} - C. \quad (8)$$

По определению будем считать, что система упорядочена, т. е. $\bar{Y}_j = 0$, если $q_j - \xi(x_j) \leq 0$ или $|x_j - x_{\text{эТ}}| - \xi(x_j) \leq 0$. Отсюда налагаются требования, чтобы в выражениях (3—8) всегда было $q_j \geq \xi(x_j)$ или $|x_j - x_{\text{эТ}}| \geq \xi(x_j)$, а в выражении (7,8) C выбирается из обеспечения условия $\bar{Y}_j = 0$ при $q_j = \xi(x_j)$ или $|x_j - x_{\text{эТ}}| = \xi(x_j)$.

Неупорядоченность может, например, рассматриваться в отношении объективных или субъективных целей, в отношении некоторой исследуемой зоны, например, зоны неопределенности решения, в отношении внешних сопоставляемых систем или явлений, в отношении некоторой ранжировки, принятой за эталонную и т. д.

Представляя неупорядоченность как $Y_j = f(x_j, x_{\text{эТ}}, \xi(x_j))$, т. е. соотнесенную к чему-либо величину различия (разнообразия), отметим, что неупорядоченность по характеру x может быть:

1. Детерминированной величиной (соответственно, в этом случае x также детерминированная величина).

2. Вероятностной величиной (как результат того, что x является вероятностной величиной, например, дисперсией).

3. Показателем неопределенности; при этом возможно два

случая: x — выражает величину зоны неопределенности (детерминированную или вероятностную);

x — определяет априорную вероятность выборки (зоны неопределенности или неопределенности выборки внутри самой зоны).

Организованность, как и выше перечисленные понятия сложности и упорядоченности, будем рассматривать в отношении состава, структуры и свойств.

Так же как упорядоченность, организованность легче измерять через обратную величину — неорганизованность.

Неорганизованность — это обобщенная, на рассматриваемое число элементов, число возможных ситуаций и временную длительность, характеристика неупорядоченности, взвешенная по фактору существенности ее проявления в отношении определенных показателей системы.

Таким образом, неорганизованность — это сложное понятие, являющееся производным от неупорядоченности и сложности. Причем сложность здесь проявляется косвенно — через число рассматриваемых элементов, возможные ситуации и временную длительность.

Согласно определению, можно записать следующее символическое выражение для неорганизованности

$$\bar{O} = \bigcup^l \alpha_\beta \bigcup^d s_i \bigcup^m p_j f(\bar{Y}_j), \quad (9)$$

где $\bigcup$ — символ обобщения характеристики неупорядоченности $f(\bar{Y})$ соответственно за m ситуаций, d элементов и l интервалов времени; f — функция, посредством которой производится взвешивание по фактору существенности ее проявления в отношении определенного показателя системы; p_j , s_i , α_β — веса соответственно j ситуации, i элемента и β интервала времени.

В принципе можно говорить и об единичной неорганизованности за одну ситуацию, для одного элемента и в пределах одного интервала времени

$$\bar{O}_i^{(ед)} = f(\bar{Y}_j). \quad (10)$$

Так же как и сложность, неорганизованность может быть «собственной» и «приведенной». «Собственная» неорганизованность соответствует случаю, когда наблюдатель может контролировать только величину неупорядоченности и не знает, как она влияет на показатели функционирования, находящиеся на более высоких уровнях управления системой. «Приведенная» неорганизованность, наоборот, соответствует случаю, когда наблюдатель знает влияние неупорядоченности на определенный, вышестоящий по уровню иерархии управления показатель функционирования системы и в соответствии с этим знанием осуществляет «приведение» $\bar{Y}$ к выбранному показателю.

Рассмотрим функцию f в выражении (10) с точки зрения «приведения» $\bar{Y}$ к вышестоящему показателю, например к не-

упорядоченности вышестоящей цели ($\bar{Y}^{(n)}$). Если при «приведении» не учитывать временной фактор, то «приведение» можно осуществлять посредством некоторой функции ψ , которую в свою очередь можно представить через функцию чувствительности $\frac{\partial \bar{Y}^{(n)}}{\partial \bar{Y}}$. В некоторых случаях функция ψ может задаваться

просто аксиоматически. Для многих практических задач функция может аппроксимироваться одной из четырех зависимостей: линейной, степенной, логарифмической и экспоненциальной. Во всех случаях ψ будет отражать то, как изменяется неорганизованность, «приведенная» к вышестоящей цели при изменении неупорядоченности рассматриваемого элемента, например нижестоящей цели. В общем случае в процессе «приведения» необходимо учитывать временной фактор, поскольку действие $\bar{Y}$ на $\bar{Y}^{(n)}$ может происходить с запаздыванием, наблюдаться эффект накопления и т. д. Для учета этого необходимо иметь некоторую временную функцию связи W_i . Тогда выражение (10) будет иметь вид

$$\bar{O}_j^{(en)} = W_i \psi [\bar{Y}(t_j)]. \quad (11)$$

Это выражение будет характеризовать единичную «приведенную» неорганизованность, вызванную неупорядоченностью в j ситуации, длительность которой составляет время t_j .

Отсюда следует, что неорганизованность может быть:

а) «собственной», когда существенность проявления неупорядоченности определяется только ее величиной; следовательно, выражение (9) может быть записано в виде

$$\bar{O} = \bigcup^l \alpha_\beta \bigcup^d s_i \bigcup^m p_j \bar{Y}_j; \quad (12)$$

б) «приведенной», когда существенность проявления неупорядоченности «приводится» с учетом временного фактора к какому-либо вышестоящему показателю системы, соответственно в этом случае выражение (9) имеет вид

$$\bar{O} = \bigcup^l \alpha_\beta \bigcup^d s_i \bigcup^m p_j W_i \psi [\bar{Y}(t_j)]. \quad (13)$$

Заметим, что «приведение» необязательно должно производиться в отношении вышестоящих целей, оно также может происходить в сознании наблюдателя в результате субъективности его оценок (неадекватности ощущений, типа психологического характера, эмоционального напряжения и т. д.). Для примера рассмотрим такую простую задачу — требуется оценить неорганизованность полета какого-либо объекта в отношении заданной эталонной траектории. Предположим, что из анализа известных величины возможных рассогласований траекторий ($\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$) и априорные вероятности их появления ($p_1, p_2, \dots$,

p_n). Тогда «собственную» неорганизованность полета представим в виде

$$\bar{O} = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \Delta x_i.$$

Если же эти рассогласования будут преобразованы в пропорциональные физические величины, например яркость источника света, за которым будет наблюдать человек-оператор, то неорганизованность полета, «приведенная» к его ощущениям, будет уже другой. Действительно, согласно психологическому закону Вебера — Фехнера ощущение человеком яркости источника света в первом приближении определяется как $\beta \approx \log a$, где a — объективно измеренная яркость света. Отсюда «приведенная» к ощущениям человека неорганизованность полета будет находиться из

$$\bar{O} = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \log \Delta x_i.$$

Рассмотрим одно из частных выражений для «приведенной» неорганизованности, из которого, как будет показано, могут быть получены все основные выражения для информации и энтропии. Будем исходить из выражения (12) и допустим, что имеется m ситуаций, $l=1$, $d=1$, а вероятность появления каждой j -ой ситуации p_j . При этом будем полагать, что обобщение осуществляется исходя из аддитивности отдельных ситуативных неорганизованностей, а $W_l=1$.

Тогда получим выражение для определения неорганизованности за весь ансамбль ситуаций

$$\bar{O} = \sum_{j=1}^{j=m} p_j \psi(P_{yj}). \quad (14)$$

Здесь P_{yj} — параметр неупорядоченности, определяемый из выражений

$$P_{yja} = \omega_{ja} \bar{Y}_{ja} + C \quad (15)$$

или

$$P_{yjc} = \frac{1}{\omega_{jc}} (\bar{Y}_{jc} + C), \quad (16)$$

где ω_j — вес, учитывающий качественное различие $\bar{Y}$ в j -ой ситуации (при общей для всего ансамбля зависимости ψ) по сравнению с другими ситуациями; C — коэффициент, значение которого находится из условия, чтобы при $\bar{Y}_j=0$, $\psi((P_{yj})=0$. Для примера предположим, что функционирование системы в отношении какой-то цели при линейной зависимости ψ (причем

$\psi = 1$) характеризуется следующим ансамблем:

j	1	2	3	4
$\bar{Y}_{ja}$	2	3	5	1
p_j	0,4	0,2	0,1	0,3
ω_j	1	1	0,5	2

Тогда согласно (14) получим, что $\bar{O} = 2,25$.

Интересно отметить, что «собственная» статистическая неорганизованность, определенная при $\psi = 1$ и при $P_{jic} = \frac{1}{p_j}$, $j = \overline{1, 2, \dots, m}$ обладает исключительным свойством — $\bar{O} = m$, соответственно единичная неорганизованность $\bar{O}^{(ед)} = 1$, т. е. такая неорганизованность не зависит от значений P_{jc} , а определяется только числом элементов в ансамбле.

Выражая приращение организованности в символическом виде через изменения неорганизованности системы под действием средств организации, запишем

$$\Delta \bar{O}_i = \bar{O}_{i_d} \Rightarrow \bar{O}_{i_n}, \quad (17)$$

где $\Rightarrow$ символ различия $\bar{O}_{i_d}$, $\bar{O}_{i_n}$ неорганизованность соответственно до и после действия средств организации.

В пределах аддитивного представления неорганизованности выражение (16) будет иметь вид

$$\Delta \bar{O}_i = \bar{O}_{i_d} - \bar{O}_{i_n}. \quad (18)$$

Для неаддитивного представления неорганизованности различие будет более сложным [2], но на этих особенностях здесь останавливаться не будем.

С другой стороны, приращение организованности можно рассматривать как количество полезной информации, реализованной средствами организации, т. е. записать как

$$\Delta \bar{O}_i = I_i = f(I_{вх}, \lambda, L, \eta), \quad (19)$$

где $I_{вх}$ — количество входной осведомляющей информации; λ — ценность входной информации; L — преобразующие свойства алгоритма, которым пользуется преобразователь информации; η — информационный коэффициент полезного действия (показатель степени использования потенциальных возможностей алгоритма).

Не имея возможности здесь раскрыть все многообразие функциональных связей [2], которые заключены в символической записи (19), определим лишь содержательную сторону взаимодействия между организованностью и информацией.

Информация — это один из основных атрибутов материи; она выступает, с одной стороны, как характеристика организо-

ванности материи, а с другой — как средство ее организации. При этом информация как характеристика организованности материи объективна и не зависит от приемника, например от сознания человека. И лишь отражаясь в его сознании, она приобретает субъективные свойства. Информация как средство изменения организованности материи носит потенциальный характер, если нет исполнительных органов (средств организации), реализующих эту информацию, т. е. нет возможности преобразовать информацию в энергетические или (и) вещественные воздействия на материю.

Следовательно, через информацию можно находить организованность системы. Причем в первом случае информация будет носить семантический характер в том смысле, что она отражает организованность системы, а во втором — прагматический, поскольку она является средством для изменения организованности системы.

Видов проявления информации и форм ее представления может быть достаточно много [3], [4], и классические формы представления информации — шенноновская (статическая) и комбинаторная — являются лишь их частными случаями. Все это необходимо учитывать при решениях практических задач по численному определению организованности через количество информации, поскольку некорректная трактовка организованности и ее связей с информацией будет приводить к неправильным выводам. А такие случаи имеют место довольно часто.

Роль энтропии и классической информации в плане организационного подхода

Неорганизованность может быть пространственной, временной, алгоритмической, структурной и статистической [3], [4]. Для численного определения этих различных по характеру неорганизованностей может быть использовано, например, выражение (14). Разница будет лишь в том, что берется за параметр неупорядоченности и как определяется неупорядоченность (3—8).

Возьмем в качестве параметра априорную вероятность p_j , а за упорядоченность (эталон порядка) $p_{\text{эт}}=1$. Подставим эти значения в первое выражение (7) и будем считать $\xi(x)=0$. Тогда найдем степенную статистическую неупорядоченность в j -ой ситуации.

$$\bar{Y}_{jc} = \frac{1}{p_j} - 1. \quad (20)$$

Очевидно, что при $p_j \rightarrow 0$, $\bar{Y}_{jc} \rightarrow \infty$, а при $p_j \rightarrow 1$, $\bar{Y}_{jc} \rightarrow 0$. Подставляя в (16) значение из (20) и считая $\omega_j=1$, получим

$$P_{\bar{y}_{jc}} = \frac{1}{p_j}. \quad (21)$$

Далее примем логарифмический характер ψ и подставим значение из (21) в выражение (14). В результате получим

$$\bar{O} = \sum_{j=1}^{I=m} p_j \log \frac{1}{p_j} = - \sum_{j=1}^{I=m} p_j \log p_j,$$

т. е. известное выражение К. Шеннона для энтропии. Таким образом, из общего выражения для неорганизованности может быть получено выражение для статистической неорганизованности, которое соответствует шенноновской энтропии.

Рассмотрим теперь структурную неорганизованность. Возьмем за параметр число альтернатив N . Допустим, что только n из них являются оптимальными, т. е. в некотором смысле являются эталоном порядка. Тогда неупорядоченность при выборе альтернативы, используя второе выражение (7), запишется как

$$\bar{Y}_{jc} = \frac{N_j}{n} - 1.$$

Здесь при $N_j \rightarrow \infty$, $\bar{Y}_{jc} \rightarrow \infty$, а при $N_j \rightarrow n$, $\bar{Y}_{jc} \rightarrow 0$. Если $n=1$, то

$$\bar{Y}_{jc} = N - 1. \quad (22)$$

Подставляя из (22) в (16) при $\omega_j=1$ и далее (14), считая, что $m=1$, получим известное выражение для комбинаторной «энтропии»

$$\bar{O} = \log N.$$

Поскольку через разность энтропий до и после получения сообщения находится количество информации, заключенной в сообщении, то можно говорить, что количество информации равно устраняемой неорганизованности. Через устраняемую статистическую целевую неорганизованность [2], [3], используя в качестве параметра неупорядоченности $\Pi_{\bar{y}jc} = \frac{p_{j2}}{p_{j1}}$, где p_{j1} и p_{j2} —

вероятности достижения цели соответственно до и после получения сообщения в j -ой ситуации; $\Pi_{\bar{y}jc} = \frac{p_j}{q_j}$, где p_j и q_j — соответственно вероятность события в j -ой ситуации и априорная вероятность этого же события, полученная в результате его предсказания, можно также получить выражение, аналогичное выражениям для ценности информации по А. А. Харкевичу [11] и полезности информации по М. М. Бонгарду [1].

Таким образом, развиваемый организационный подход, с одной стороны, не противоречит основным классическим определениям информации, а с другой стороны — позволяет синтезировать целый ряд новых мер для оценки информации и неорганизованности [3], [4]. При этом появляется возможность ко-

личественной оценки неорганизованности между объективными и субъективными целями [2], [3], [4].

В заключение отметим некоторые положительные стороны предлагаемого метода для исчисления организованности:

1. Он обладает достаточной универсальностью, чтобы характеризовать различные формы проявления организованности, и независимостью от уровня организации системы.

2. Непротиворечив по отношению к существующим рациональным теориям.

3. Обладает операционностью, т. е. экспериментальной измеримостью.

4. Прост и динамичен в смысле возможностей дальнейшего развития и применимости к системам различной природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонгард М. М. О понятии «полезная информация». — «Проблема кибернетики», вып. 4. М., 1963.
2. Горский Ю. М. Информационный анализ процессов управления. — «Оптимизация и управление в больших системах энергетики», т. I. Иркутск, 1970.
3. Горский Ю. М. Об информационном алгоритмировании больших систем. — «Известия АН СССР. Энергетика и транспорт», 1969, № 5.
4. Горский Ю. М., Урсул А. Д. Информация в управлении большими системами (математические аспекты). — «Оптимизация и управление в больших системах энергетики», т. III. Иркутск, 1970.
5. Кедров Б. М. Структурные уровни материальных систем и пути их познания. — «Структурные уровни биосистем. Материалы к конференции». М., 1967.
6. Сетров М. И. Организация биосистем. Л., 1971.
7. Старостин Б. А. Феноменология эволюционирующих комплексов и понятие сложности. — «Доклады Московского общества испытателей природы. Общая биология». М., 1968.
8. Урсул А. Д. Сложность, организованность, информация. — «Научные доклады высшей школы. Философские науки», 1968, № 3.
9. Урсул А. Д. Природа информации. М., 1968.
10. Хайлов К. М. Некоторые условия количественного подхода к организации биологических систем. — «Системные исследования. Ежегодник — 1969». М., 1969.
11. Харкевич А. А. О ценности информации. — «Проблемы кибернетики», вып. 4. М., 1969.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ В СПЕЦИАЛЬНО-НАУЧНОМ ЗНАНИИ

ЭТЮДЫ ПО ТЕОРИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. А. МЕЖЖЕРИН

Почти сорок лет назад в биологической литературе получило распространение понятие «теоретическая биология». Возможно, появлению его биология была обязана бурно развивавшейся теоретической физике. Возможно также, что отказ от развития этого направления следует связывать с успехами теоретической физики. Очевидно, работы копенгагенской школы теоретической физики не прошли мимо биологов. Они стали ждать, когда физики «разделаются» с электродинамикой и ядром и займутся биологией. На первых порах казалось, будто физика оправдывает свои обещания, во всяком случае в области молекулярной биологии, но в дальнейшем биологи убедились, что все успехи физики в биологии не коснулись как раз того круга объектов, который всегда считался традиционно биологическим. Параллельно с этим стало очевидно и другое — физиков в биологии интересует то, что менее всего интересует в ней биологов. Видимо, поэтому последнее десятилетие ознаменовалось новыми попытками построить самостоятельную теоретическую биологию, относительно независимую от других теоретических дисциплин [8], [14], [18], [25].

Раздел любой науки, который мы называем теоретическим, включает в себя следующие составные части: 1) общенаучную (для данной конкретной науки) теоретическую концепцию, из которой могут быть выведены все установленные частные законы; 2) собственно законы этой науки; 3) аксиоматику данной науки (наличие однозначных понятий); 4) язык науки (ее аппарат).

Если проводить, как это часто делают, сравнение между теоретической физикой и теоретической биологией, то следует заметить, что теоретическая физика достигла совершенства,

развиваясь снизу, т. е. она имеет совершенный аппарат, достаточно совершенную аксиоматику и определенное число установленных законов. Однако отсутствие общезначимой теоретической концепции делает ее незавершенной. Теоретическая биология, напротив, стала развиваться сверху, хотя ее два нижних этажа оказались еще не построенными. Тем не менее можно полагать, что и такой путь развития может принести свои плоды.

Предмет и методы теоретической биологии

Под теоретической биологией, очевидно, следует понимать систему основных идей, отражающих закономерности процессов, структуры, организации и уровней организации биологических систем. Таким образом, объектом теоретической биологии является биологическая система.

Основными методами исследования биологических систем следует считать те, которые обеспечивают рассмотрение биосистем как целостного объекта. Основными способами упрощения сложных систем являются абстракция и выявление наиболее общих закономерностей.

Таким образом, в противовес эмпирической биологии, которая считает наиболее приемлемым методом упрощения сложных систем их расчленение, теоретическая биология упрощает их за счет выявления наиболее общих закономерностей. Поэтому без теоретической биологии эмпирическая биология не может получить больше сведений о биологической системе, чем о сумме ее частей.

Очевидно, целесообразно уже сейчас дать определения основным понятиям, которые были использованы при определении теоретической биологии, хотя раскрыть их содержание удастся лишь в процессе последовательного рассмотрения различных аспектов этой проблемы.

Биосистема — объективное единство функционально связанных друг с другом элементов, т. е. характеризующееся общностью «цели» (например, поддержание численности на определенном уровне). Отсюда следует: 1) конечность траектории движения, или достижение «цели» своего движения (например, рождение — смерть), или, во внешней системе отсчета, — траектория движения имеет начало и конец; 2) наличие специфического пространства — времени (например, адаптивный диапазон может интерпретироваться как физиологическое пространство, в пределах которого физиологическая функция осуществляется более или менее нормально, за его пределами отмечается нарушение нормального ее функционирования; ритм изменений биологических процессов — как биологическое время), т. е. собственной системы координат; 3) симметрия, следствием которой является выполнение принципов сохранения.

Это определение, однако, нуждается в одном уточнении: биосистема — объективное единство функционально связанных друг с другом элементов, характеризующееся общностью цели: сохранением себя и сохранением своего «рода». Данное уточнение сразу же определяет тот круг объектов, который включается в понятие «биосистема», а следовательно, ограничивает этим кругом распространение положений, которые будут рассмотрены ниже. Это определение также проводит и ту нижнюю границу, далее которой биологическая теория не имеет своего применения. Такой нижней границей являются клеточные и некоторые неклеточные структуры, типа вирусов. Ниже этого уровня теоретическая биология уступает место теоретической физике.

Исходя из этого определения биосистемы, можно определить и понятие «подсистема». Подсистема — объективное единство функционально связанных друг с другом элементов, которое выполняет часть или одну из функций биосистемы. Поэтому, когда речь идет о нервной или кровеносной системах, то правильнее говорить «нервная подсистема» и т. д.

О двух теоретических концепциях современной биологии

Теоретическая биология отличается от эмпирической тем, что последняя занимается описанием явления, а первая определяет его место в системе уже известных нам явлений. Поэтому теоретический раздел любой науки возникает тогда, когда появляется удовлетворяющая данную науку общенаучная концепция, исходя из которой удастся упорядочить факты.

Не случайно возникновение теоретической биологии связывают с именем Чарлза Дарвина, который объединил в единую систему огромный фактический материал. Однако эта система не была в полном смысле теоретической биологией. Последнее объясняется тем, что теория, предложенная Ч. Дарвином, по своей сущности организмо- и видоцентрична, т. е. она охватывает лишь весьма ограниченный круг биологических систем, с которыми в своей деятельности сталкиваются биологи. Правда, усилиями последующих поколений биологов эволюционная теория включила в себя значительно более широкий круг объектов, который она стремится упорядочить, и не исключена возможность, что дальнейшие усилия на пути синтеза приведут эволюционную теорию к тому, что она охватит все разнообразие биологических систем. Однако и такой синтез не приведет к тому, что теория эволюционного процесса полностью совпадет с теоретической биологией.

А. А. Малиновский (см. «Вопросы философии», 1972, № 3 совершенно справедливо отмечает, что в основу теории Ч. Дарвина легли три постулата: изменчивость, наследственность и геометрическая прогрессия. Первые два постулата вытекали из твердо установленных фактов, а третий носил теоретический характер. В последнем нетрудно убедиться, если учесть, что ни одна реальная биологическая система в действительности не увеличивает свою численность в геометрической прогрессии — в пределах любой популяции имеется такой уровень численности после достижения которого увеличение численности описывается уже другой функцией, а не геометрической прогрессией.

Постулируя геометрическую прогрессию, Ч. Дарвин «убил сразу двух зайцев»: во-первых, предложил общебиологическую теоретическую концепцию, во-вторых, пришел к выводу о существовании естественного отбора. Ведь раз в пределах реальных биологических систем геометрическая прогрессия не выполняется, то должна существовать какая-то «сила», которая препятствует реализации данного постулата. Такой «силой» и явился естественный отбор.

Выбор общебиологической теоретической концепции и определил основной вывод теории Ч. Дарвина: признаки, повышающие приспособленность, если они наследуются, накапливаются из поколения в поколение, что, в современном толковании, приводит к постепенным изменениям генетического состава популяции. Такие постепенные изменения и составляют содержание филетической эволюции, цель которой — максимальная приспособленность, а движущая сила этого процесса — естественный отбор.

Таким образом, Ч. Дарвин показал, что теория непрерывных процессов может служить в качестве общебиологической теоретической концепции.

Количественные исследования биологических явлений, казалось, подтверждали справедливость такого выбора. Еще в 1837 г. итальянские исследователи Саррю и Рамо показали, что частота ударов пульса и дыхания, продукции и потери тепла в зависимости от массы тела могут быть описаны уравнением типа

$$Y = ax^b \quad \text{при } 0 < b < 1.$$

Однако теоретическое обоснование этот факт получил лишь 100 лет спустя, когда Гексли [24] сформулировал закон гетерогонии, или, иначе, закон неравномерного или аллометрического роста. Это единственный, как полагают, вид явной зависимости между размерами биологических объектов и их элементов (под элементами понимаются отдельные состояния, органы или системы органов), известный в настоящее время в биологии. Пер-

воначально теория аллометрии относилась к развивающимся организмам, однако в дальнейшем ее применение вышло далеко за рамки исследований процесса онтогенеза. В течение последующих 30 лет она превратилась в общепроизводственную теоретическую концепцию, имеющую применение в самых различных разделах современной биологии.

Если говорить о сущности теории аллометрии, то она может быть понята из следующего. Исследователь не удовлетворяется только произведенными измерениями объектов, а пытается найти зависимость или хотя бы корреляцию между различными видами измерений данных объектов. При этом, совершенно очевидно, устанавливается связь между двумя изменяющимися параметрами, например y и x . Причем такая связь всегда является односторонней. Так, если нам известно, что y связан с x посредством уравнения типа $y = ax^b$, то это совсем не значит, что и x связан с y аналогичным уравнением. Другим следствием теории аллометрии является то обстоятельство, что изменение y по отношению к x происходит непрерывно, хотя скорость его изменения может возрастать или убывать.

Таким образом, изменение одного биологического параметра по отношению к другому характеризуется известной односторонностью, непрерывностью, а также возрастающей или убывающей скоростью.

Четкое определение самой теоретической концепции послужило той основой, на которой стало возможным развитие и биологической аксиоматики. В частности, на этой основе и было разработано понятие «биологическое время».

Физическое время течет равномерно, не замедляясь и не ускоряясь. Это значит, что в каждую единицу физического времени происходит одно, соизмеримое с данной единицей времени, событие. Например, в течение суток происходит один оборот Земли вокруг своей оси, или в течение года — полный оборот Земли вокруг Солнца. На этом основании вполне правомерным является и такой подход, при котором время измеряется числом однообразных событий, повторяющихся друг за другом. Измерение времени, таким образом, целесообразно тогда, когда однообразные события в единицу физического времени распределяются различным образом. Ибо только при этом может возникать негомогенность времени, которую, в отличие от гомогенного физического времени, мы можем интерпретировать как собственное время той системы, в пределах которой и имеет место неравномерное распределение однообразных событий.

Л. дю Нуи [27], полагая, что скорость биологического роста, а также заживления ран в зависимости от возраста организма подчиняется аллометрическому закону, пришел к выводу, что собственное (биологическое) время течет в соответствии с данным законом. Другими словами, с возрастом субъективно ускоряется физическое время: один год, равный одной пятой

возраста 5-летнего ребенка, проживается в 10 раз дольше одного года, равного одной пятидесятой возраста 50-летнего человека.

Аналогично этому, Бакман [21] говорит о биологическом времени, как о логарифмической функции физического времени:

$$x = C_1 \log t + C_2,$$

где x — органическое время, t — физическое время, а C_1 и C_2 — константы. Таким образом, биологическое время больше всего дилатирует вначале, когда в организме совершается наибольшее число событий, когда происходит больше всего изменений.

*Теория альтернативных процессов
(теория биологической регуляции) как общебиологическая
теоретическая концепция*

Дальнейший этап развития теоретической биологии выдвинул в качестве общебиологической теоретической концепции теорию альтернативных процессов, или теорию биологической регуляции. Суть этой теоретической концепции может быть кратко выражена следующим образом: движение (под движением здесь и далее понимается изменение одного параметра по отношению к любому другому) биологических объектов никогда не идет непрерывно по одной координате — движение по одной координате всегда сменяется движением по другой координате. Простейшим примером такого движения может служить хорошо известный факт роста членистоногих, у которых линейные размеры тела увеличиваются в период линьки, а масса тела — в промежутках между линьками.

Данная теоретическая концепция получила свое обоснование при расшифровке индивидуального развития животных, когда И. И. Шмальгаузен [19] пришел к выводу, что процесс онтогенеза протекает альтернативно, с чередованием более элементарных процессов роста и дифференциации. В это же время Э. С. Бауэр [1], исходя из данной теоретической концепции, выдвинул принцип устойчивого неравновесия, который он считал основополагающим при разработке теоретической биологии. В дальнейшем А. А. Захваткин [5] устанавливает, что в онтогенезе простейших отчетливо выделяются два процесса: трофический и локомоторный, которые соответствуют процессам роста и дифференциации, а К. Уоддингтон [17] приходит к выводу, что в процессе онтогенеза и формирования оптимального фенотипа регуляция осуществляется благодаря переключению движения в сторону одной из альтернативных систем.

Таким образом, уже этот краткий обзор позволяет сделать несколько важных заключений. Во-первых, движение биологических объектов никогда не происходит только по одной координате — оно всегда альтернативно, т. е. движение по одной коор-

динате всегда сменяется движением по другой координате. Во-вторых, способность осуществлять движение по одной из двух или более возможных координат определяет возможность выбора наилучшей координаты движения в данных конкретных условиях, т. е. позволяет осуществить регуляцию того или иного процесса.

Следовательно, мы хорошо можем понять суть различий между теорией непрерывных процессов и теорией альтернативных процессов.

Теория непрерывных процессов:

1. Движение в течение всего процесса осуществляется только по одной координате.
2. Движение непрерывно, хотя скорость его меняется.
3. Регуляция невозможна.

Теория альтернативных процессов:

1. В течение всего процесса движение осуществляется то по одной, то по другой координате.
2. Движение прерывно, так как осуществляется переход с одной координаты на другую.
3. Благодаря переходу с одной координаты на другую существует возможность выбора и возможность регуляции.

Как мы видим, различия между этими двумя теориями велики. Но если теория непрерывных процессов опровергает теорию альтернативных процессов, то теория альтернативных процессов рассматривает теорию непрерывных процессов как частный случай движения биологических объектов, а зачастую как грубое приближение при описании процессов. Следовательно, теория альтернативных процессов не отрицает теории аллометрии, а уточняет ее и ограничивает возможности ее применения. Эти ограничения накладываются следующими обстоятельствами.

Движение в сторону одной из альтернативных систем (по одной из возможных координат) не происходит равномерно и прямолинейно. Это движение осуществляется с возрастающей или убывающей скоростью, т. е. может быть описано с помощью степенных уравнений типа $y = ax^b$. При переходе на другую координату возможного движения оно вновь осуществляется с возрастающей или убывающей скоростью и опять может быть описано с помощью степенных уравнений типа $y = ax^b$, однако в этом случае показатель степени должен быть отличным от такового в предыдущем случае. Схематично данная идея представлена на рис. 3.

Естественно возникает вопрос: является ли теория альтернативных процессов общебиологической теоретической концепцией? На этот вопрос следует ответить положительно. Ведь все твердо установленные на сегодняшний день биологические законы приводят нас к этой теории как их общей основе.

К числу общепринятых законов следует отнести: 1) биогенетический закон, но не ту его часть, которая гласит, что онтогенез есть повторение филогенеза, а его более общую трактовку, со-

гласно которой онтогенез представляет собой альтернативный процесс, включающий в себя рост и дифференциацию, последовательность которой не обязательно устанавливается в соответствии с филогенетическим развитием данной формы; 2) законы Менделя, в основе которых лежит утверждение, что каждый потомок содержит два гомологичных фактора — по одному от каждого родителя, — влияющих на проявление признака; 3) закон Харди — Вайнберга, согласно которому, если в большой панмиктической популяции имеются альтернативные формы какого-либо аутосомного гена, то при отсутствии мутирования, отбора или

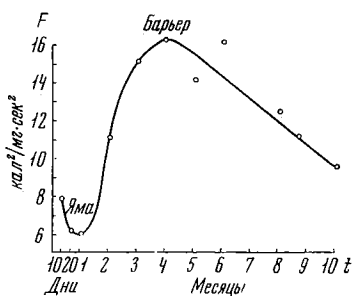


Рис. 1

дифференциальной миграции первоначальные численные соотношения (частоты) этих аллелей будут сохраняться из поколения в поколение, и после одной смены поколений частоты генотипов также достигнут равновесия.

Специфика движения биологических систем предъявляет определенные требования и к способам их познания и описания, которые с необходимостью должны учитывать эту специфику. В связи с этим одной из самых насущных проблем современного уровня развития теоретической биологии является разработка биологической аксиоматики, что сделает возможным и разработку ее «языка» (аппарата).

Собственное (биологическое) пространство и время

Собственное время системы представляет собой отношение единицы физического времени к числу однообразных событий, происшедших за данную единицу времени в пределах данной системы, т. е. $\tau = \frac{t}{n}$, где n — число однообразных событий, t —

единица физического времени, а τ — собственное время.

Для круга задач, который мы рассмотрим ниже, примем за единичное событие изменение массы тела на величину, равную выбранным единицам измерения (1 грамм или 1 килограмм).

Под числом однообразных событий в дальнейшем будет подразумеваться:

$$\bar{n} = \left| \frac{\Delta m_0}{\Delta m_i} \right|,$$

где Δm_0 — изменение массы тела на величину, равную выбранным единицам, а Δm_i — реальное изменение массы тела за единицу физического времени.

Принято считать [14, 23], что теория аллометрии [24] заменяет t величиной m (масса тела) или каким-либо другим параметром, который начинает играть роль «физиологического времени», т. е. быстрота изменения другой величины, например Q (абсолютный метаболизм), измеряется уже не по отношению к t , а по отношению к величине, выступающей в роли «биологического времени». Рассмотрим справедливость этого утверждения.

При изучении изменений различных параметров в процессе роста исследователь исходит из равномерности физического времени и планирует свой эксперимент так, чтобы фиксировать интересные его изменения через равные интервалы физического времени. Однако прирост единицы массы тела происходит таким образом, что в течение одного периода за единицу t может и не произойти целого события, а за другую — их может произойти несколько. Причем изменения m в процессе роста живых систем описываются достаточно однообразными s -образными кривыми [22]. Это значит, что в единицу t на первых этапах роста приращивается постепенно увеличивающееся число единиц массы тела (число однообразных биологических событий нарастает), однако после достижения точки перегиба на кривой $m(t)$ скорость роста падает и в единицу t приращивается все меньшее и меньшее число единиц m . Другими словами, длительность однообразных событий в процессе роста живых систем неодинакова: на первых этапах роста она постепенно уменьшается, в дальнейшем — постепенно увеличивается. Следовательно, собственное время биологической системы течет неравномерно: на первых этапах роста ход «внутренних часов» постепенно ускоряется, на последующих — постепенно замедляется. Это не дает нам права считать, что «биологическое время» является логарифмическим временем [21].

В дальнейшем, имея значения трех параметров t , m и Q , мы переходим к зависимости $Q(m)$. Этот переход осуществляется таким образом, что на графике значения Q откладываются по определенному правилу: Q_1 в шкале массы тела соответствует m_1 и t_1 , Q_2 — m_2 и t_2 , где

$$m_2 = m_1 + \frac{\Delta m_1}{\Delta t_1}, \quad Q_3 = m_3, \quad t_3, \quad m_3 = m_2 + \frac{\Delta m_2}{\Delta t_2}$$

и т. д. Учитывая, что $\Delta t = 1$, последовательные значения Q откладываются в соответствии с реальной величиной прироста

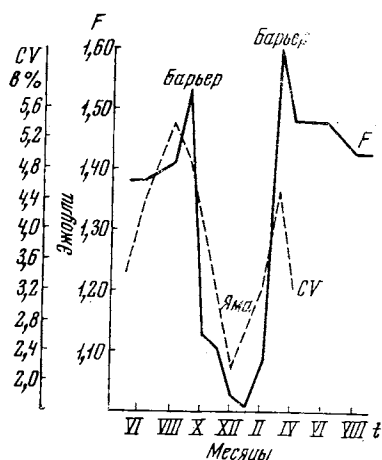


Рис. 2

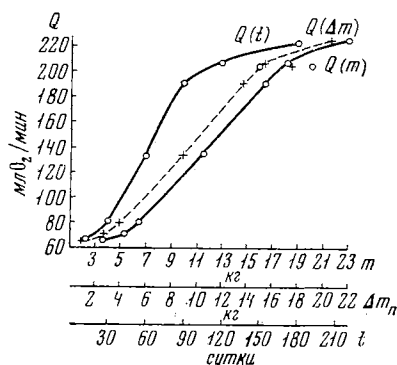


Рис. 4

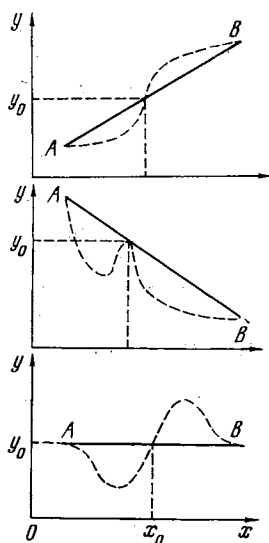


Рис. 3

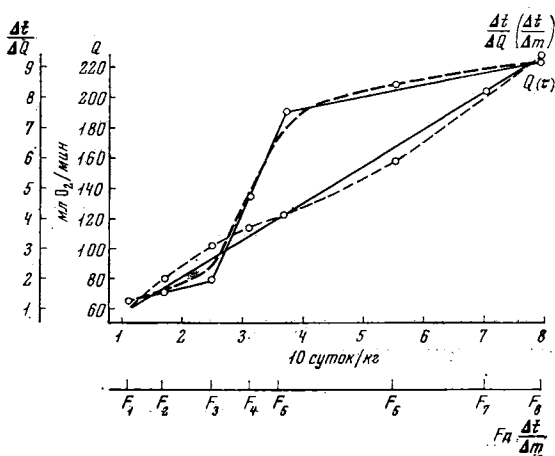


Рис. 5

массы, что невозможно интерпретировать, как изменения собственного времени. Ведь во всех случаях, где длительность события уменьшается, соответствующие интервалы на шкале массы тела будут увеличиваться (длительность события увеличивается, а не уменьшается), что будет искажать характер самой зависимости. В пользу этого говорит тот факт, что в равномерной шкале зависимость $Q(t)$ отчетливо s-образна [22], а $Q(m)$ нет.

С целью выяснения реальных «траекторий движения» естественно перейти к собственной временной шкале и рассмотреть особенности изменения интересующего нас параметра в этой системе отсчета.

На рис. 5 показаны зависимости $Q(\tau_n)$, где $\tau_n = \sum_{i=1}^n \tau_i$, а $\tau_i = \frac{\Delta \tau_i \cdot \Delta m_0}{\Delta m_i}$. Как мы видим, полученные зависимости резко отлича-

ются от тех, которые предсказываются теорией аллометрии (рис. 4), но полностью соответствуют предсказаниям теории альтернативных процессов.

В современной физике отдельные места пространства определяются через распределения массы, т. е. различное распределение массы создает негомогенность самого пространства. Это дает нам известные основания рассматривать собственное биологическое пространство с учетом особенностей кривых распределения, например массы тела живых организмов в пределах популяции. Хорошо известно, что мода на такой кривой распределения в первом приближении совпадает со средним геометрическим от предельных значений массы тела, т. е. распределение масс здесь оказывается негомогенным (рис. 1). Последнее означает, что в области модального значения массы тела собственное пространство так же, как и собственное время (мода может интерпретироваться как максимальное число событий), оказывается уплотненным (рис. 7). А это означает, что в собственной системе пространственных координат исследованные нами выше зависимости (рис. 5) приобретут такой же вид, как в предыдущем случае.

Таким образом, мы видим, что и на этом материале также подтверждаются выводы, которые были сделаны ранее [8]: 1) оптимум (моду распределения) можно определить как пространственно-временную ось биосистемы; 2) единицы собственного времени и пространства элементов биосистемы вблизи от оптимума минимальны.

«Язык» теоретической биологии

Многие участники дискуссии, организованной журналом «Вопросы философии» (1972, № 3), полагают, что успех развития теоретической биологии всецело зависит от степени ее математизации. Такое утверждение может считаться справедливым при условии, что математический аппарат, в принципе, справится с описанием процессов, присущих биологическим объектам. Однако по этому поводу были высказаны и вполне обоснованные сомнения. Так, Гудвин [4] отмечает: «Особенно плохо поддаются теоретическому анализу такие области исследования, в которых мы непрерывно сталкиваемся как с тем, так и с другим типом поведения... Это сложная задача, и от ее решения,

как мне кажется, в значительной мере зависит судьба теоретической биологии». Это дает ему и другим исследователям определенные основания говорить о том, что теоретическая биология — это неблизкое будущее.

Таким образом, и та и другая группы придают решающее значение в формировании теоретической биологии развитию ее аппарата.

О возможностях рассмотрения альтернативного процесса как единого процесса

Альтернатива — это необходимость выбора одной из двух или нескольких исключających друг друга возможностей. Исходя из этого определения, под альтернативными процессами следует понимать такие процессы, в силу которых система, совершающая заданное движение, принимает поочередно каждое из возможных решений (осуществляет движение по каждой из возможных координат или по двум координатам одновременно). Таким образом, альтернативный процесс характеризуется определенной последовательностью в принимаемых решениях, т. е. каждое из осуществляемых решений логически приводит к принятию альтернативного решения (существует возможность взаимопереходов).

В самом общем плане типично альтернативным процессом является процесс перехода количества в качество и наоборот. В биологии к числу альтернативных процессов следует отнести: рост и развитие, возбуждение и торможение, ассимиляцию и диссимиляцию, плодовитость и смертность, тканевые и морфофункциональные адаптации и т. д. При рассмотрении одной из альтернативных сторон любого процесса мы убеждаемся в том, что при переходе на более низкий уровень она сама является альтернативным процессом. Например, как было уже показано, рост является отчетливо альтернативным процессом, поскольку весовой рост сменяется линейным. Выше мы также отмечали, что даже более простые функции $Q(m)$ и $q(m)$ разложимы, и при более строгой их интерпретации они выражают определенный альтернативный процесс. Все это дает достаточно оснований утверждать, что переход с одного уровня анализа явлений на другой может достигаться путем использования принципа дополнительности [2], т. е. путем одновременного рассмотрения двух элементарных альтернативных процессов.

Индексы в статистике представляют собою показатели, выражающие отношение уровня данного явления к его уровню в прошлое время или к уровню аналогичного явления, принятому в качестве базы. В методе морфо-физиологических индикаторов индексы выражают отношение какого-то элемента к целому. Например, индекс сердца, выражающий отношение веса сердца к весу тела, характеризует определенные (весовые) отношения между сердцем (элементом целого) и всем телом (целым). В случае увеличения этого индекса мы говорим о возрастающем

значении данного элемента в пределах целого и наоборот. Таким образом, индексы характеризуют внутренние отношения, г. е. отношения в пределах определенной целостности. Функции, выражающие внутренние отношения, принято называть интенсивными.

В практической систематике синтез достигается за счет противопоставления одного аспекта другому (тезы — антитезе). Идея противопоставления двух альтернативных функций была использована при построении модели оптимальности (метод пересечения удельной и абсолютной функций; см. [25], [26]). Такой прием позволяет определить точку (оптимум), где происходит переключение движения с одной альтернативной траектории на другую. И хотя такое рассмотрение вполне правомерно, оно все же не дает нам представления о всем процессе как о целостном явлении.

Рассматривая качественные аспекты оптимальности в биологии, Р. Розен [14] приходит к выводу, что задачи на оптимизацию исходят из существования двух цен — внутренней и внешней. «Полная цена данной определенной структуры должна быть, таким образом, равна алгебраической сумме внешних и внутренних цен...» Такую операцию можно было бы считать вполне достаточной, если бы целое было равно сумме его частей, но поскольку оно больше суммы его частей, то данная операция не может характеризовать полностью весь процесс.

Я. Я. Рогинский [13], впервые использовавший одновременное рассмотрение индекса и абсолютного значения признака, применил операцию перемножения этих величин. Такая операция имеет и определенный физический смысл. Гродинз [3] считает, что «сходство в поведении физических систем совершенно различной физической природы станет, вероятно, более понятным, если принять во внимание тот факт, что во всех этих системах действует одна и та же «денежная единица» — энергия. Энергию всегда можно представить в виде произведения двух сомножителей, один из которых описывает интенсивность расхода или накопления энергии, а второй характеризует количественные результаты этого процесса».

Следовательно, физика сразу же вводит операцию перемножения интенсивной функции на экстенсивную в круг явлений, которые прямо или косвенно определяют такую функцию, как энергия.

Согласно представлениям современной термодинамики, для каждой элементарной формы движения материи существует свой характерный параметр, который с качественной и количественной стороны однозначно определяет эту форму движения, а следовательно, и все свойства материи в той мере, в какой они связаны с этой формой движения. Исходя из данного постулата термодинамики, мы сразу же можем определить и тот круг явлений (форму движения материи), который, например, характе-

ризует операцию перемножения удельного метаболизма — q (удельного потребления кислорода) на абсолютный метаболизм — Q (потребление кислорода всем организмом). Учитывая два приведенных выше физических положения, можно заключить, что получаемая новая величина в результате перемножения значений удельного и абсолютного метаболизма определяет энергию процессов метаболизма. Именно эта величина в качественном и количественном отношениях описывает процесс метаболизма как процесс альтернативный, а поэтому она может характеризовать «полную цену» метаболизма. Формально результаты перемножения удельного метаболизма на абсолютный метаболизм могут быть представлены следующим образом:

$$F = Q \cdot q = mq \cdot q = mq^2 = \frac{Q^2}{m}.$$

Кривая, характеризующая изменения энергии метаболизма в процессе онтогенеза (рис. 1), или в зависимости от массы тела, описывает процесс, как и требует того теория, близкий к колебательному. По своей форме эта кривая приближается к потенциальным кривым, характерным для квантовых систем. В нашем случае также отчетливо выделяется зона пониженного энергообмена (энергетическая яма, зона сохранения себя) и зона повышенного энергообмена (энергетический барьер, зона сохранения своего «рода»). На этой кривой кроме двух экстремумов (яма и барьер) обнаруживается еще три выделенных состояния, совпадающих с точками перегиба.

Будучи суммарной (в мультипликативном смысле) оценкой процессов метаболизма, данная

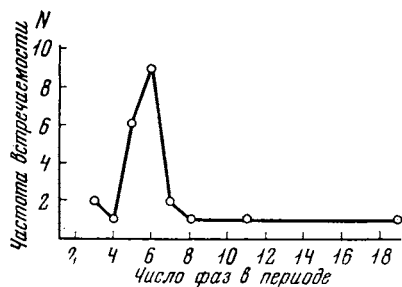


Рис. 6

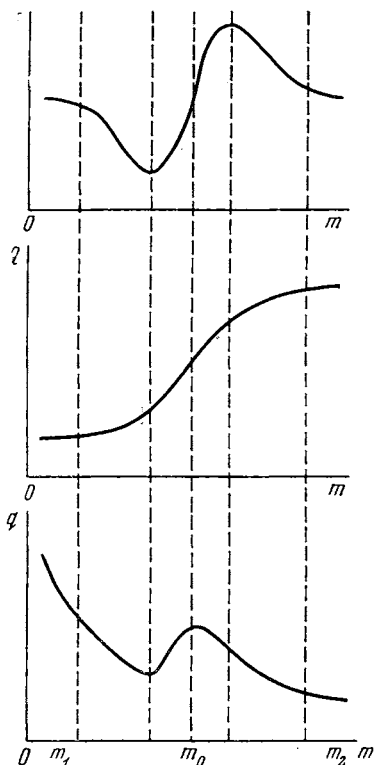


Рис. 7

функция разложима на две более простые, в результате перемножения которых она и была получена. Откуда можно предположить, что в каждом выделенном состоянии доминирующее значение в определении обобщенной функции имеет то интенсивная, то экстенсивная функция. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим все три процесса (два элементарных и один обобщенный) одновременно (рис. 7).

При сдвиге вправо от точки m_0 мы отмечаем, что на этом участке изменение функции $F(m)$ целиком определяется характером изменений $Q(m)$ (зона доминирования экстенсивной функции), однако после достижения энергетического барьера изменения функций $F(m)$ происходят уже под влиянием функции $q(m)$ (зона доминирования интенсивной функции). Последняя правая зона представляет собой зону равновесия двух функций (экстенсивной и интенсивной). При сдвиге влево от точки m_0 мы видим, что на этом участке обе функции $Q(m)$ и $q(m)$ изменяются однообразно, что позволяет назвать эту зону зоной согласия, однако после преодоления экстремума (дна энергетической ямы) ведущую роль в определении функции $F(m)$ начинает играть функция $q(m)$ (зона доминирования интенсивной функции). Последний левый участок опять представляет собой зону равновесия $Q(m)$ и $q(m)$.

Две точки сохранения

В теории систем все большее распространение получает точка зрения, согласно которой физики в основном имеют дело с системами, при описании которых основной величиной является энергия. Биология имеет дело с системами, главными отличительными особенностями которых являются развитие и изменение [4]. Несомненно, что в качестве функции движения, активности и изменения в биологических системах выступает время, ибо реальное время и представляет собой следствие самого движения, активности и изменения.

Такой подход представляется оправданным, хотя бы по тем причинам, что любая реальная биологическая система постоянно переходит от одной точки сохранения к другой, т. е. она постоянно решает две задачи: сохранение себя и сохранение своего «рода».

Такое специфическое положение биологических систем однозначно отвечает на вопрос: применимо ли второе начало термодинамики к биологическим системам? Поскольку биологические системы не могут быть отнесены к открытым системам (обмен веществом с окружающей средой любая биосистема осуществляет не непрерывно, а через определенные интервалы времени, т. е. все время осуществляет переход от открытого к закрытому состоянию; только таким образом и может осуществляться процесс накопления энергии, необходимой для выполнения определенной работы), постольку второе начало термодинамики к ним приме-

нимо быть не может. Необходима разработка специфической термодинамики открыто-закрытых систем. К подобному заключению приходит и К. Уоддингтон [18]; правда, он исходит из того факта, что жизнь характеризуется специфическим синтезом. В пользу этого положения можно привести и другие соображения.

В настоящее время можно с достаточными основаниями предполагать, что быстрорастущие особи имеют более тесные коррелятивные связи между различными признаками. Более тесные коррелятивные связи означают, что время перехода организма или популяции из одного состояния в другое сокращается. При этом под различными состояниями подразумевается момент возникновения различных признаков, прирост единицы массы тела или переход в другое физиологическое состояние. Совершенно очевидно, что при малой затрате времени на переход из одного состояния в другое скорость самого процесса возрастает, т. е. имеет место высокая скорость роста.

Увеличение силы коррелятивных связей между различными признаками или состояниями организма (популяции) мы вправе рассматривать как увеличение упорядоченности системы, так как только при высокой ее упорядоченности переход от одного состояния к другому может осуществляться с минимальными затратами времени. Учитывая, что максимальной скоростью роста организмы характеризуются на относительно ранних периодах их развития, становится понятным, что изменение энтропии живых систем в процессе их роста не описывается непрерывной функцией — она постепенно уменьшается по мере увеличения скорости роста и вновь снижается после того, как скорость роста начинает снижаться. В термодинамическом смысле смерть и представляет собой следствие сильно возросшей энтропии.

Если анализировать изменения энтропии на популяционном уровне, то и здесь мы вынуждены будем сделать подобный вывод, но уже исходя из других посылок. Совершенно очевидно, что упорядоченность системы должна быть максимальной там, где в единице физического пространства распределение масс максимально. Именно здесь, как уже отмечалось ранее [10], энтропия оказывается минимальной.

Однообразие организации биологических систем

Обосновывая реляционную биологию, Н. Рашевский [12] исходил из того, что высший организм характеризуется большим числом свойств, но между большим числом свойств высшего организма и меньшим числом низшего существует соответствие, или отображение, с соблюдением определенных основных отношений. Таким образом, можно сказать, что все организмы эпиморфны какому-то простейшему существу. Другими словами, множества, составляющие различные организмы, всегда могут быть поставлены в соответствие друг другу с соблюдением опре-

деленных отношений. Это положение Рашевский называет принципом биологического эпиморфизма.

Следовательно, Рашевский предполагал, что различные биологические системы характеризуются однообразной организацией, но могут занимать различные уровни в пределах данной организации, т. е. мы здесь сталкиваемся с той же ситуацией, которая наблюдается в периодической системе элементов Д. И. Менделеева, когда различные элементы могут обладать одними и теми же свойствами (одной организацией), но возрастающее число электронов приводит к возрастанию числа степеней свободы, что и обеспечивает переход элементов-аналогов на другой уровень (период). Это положение можно считать справедливым, хотя для его доказательства он и избрал не самый лучший путь.

Можно полагать, что более реальным путем для доказательства положения, согласно которому различные биологические системы в принципе характеризуются одной и той же организацией, хотя и занимают различные уровни в пределах данной организации, могут быть траектории движения биологических систем.

Из приведенного определения организации видно, что она представляет собой степень упорядоченности структуры, которая выражается через определенные виды траекторий движения. Как отмечалось выше, различные биологические системы в процессе своего движения описывают одни и те же траектории, разнообразие которых весьма ограничено. Причем различного вида траектории, в конечном итоге, сводимы к какому-то одному типу (все они по своей сущности альтернативны).

Каждая из этих траекторий может рассматриваться как различная «степень» упорядоченности структуры, но все они в равной степени оказываются присущими одноклеточным и многоклеточным организмам, что позволяет говорить об однообразии их организации. Однако, поскольку в процессе прогрессивной эволюции закономерно увеличивается число элементов, образующих те или иные организмы, мы вправе говорить и об увеличении числа степеней свободы, т. е. о переходе их на другие уровни в пределах данной организации.

Поэтому совершенно не случайными оказываются результаты, которые нами были получены при исследовании дискретности онтогенеза и энергетической структуры рода [9]. Так, в первом случае попытка привязать фазовые переходы, отмечаемые в процессе онтогенетического развития живых существ, к выделенным состояниям (двум экстремумам и трем точкам перегиба) на кривой, характеризующей изменения квазиэнергии (энергии метаболизма) в течение одного периода, привела к выводу, что независимо от периода развития число фаз сохраняется одним и тем же.

Под периодом понимается этап развития живого организма, сопоставимый с понятием уровня организации, отражающим филогенетическую поэтапность развития живых существ. Грани-

цы периодов достаточно очевидны, за исключением некоторых случаев, и при их определении обычно не возникает трудностей (например, эмбриональный, постэмбриональный и т. д.). Существенной чертой периода развития является то, что в процессе усложнения органических форм их число не остается постоянным.

Фаза — один из этапов периода развития. Синонимом этого понятия является этап, понятие, широко используемое при изучении индивидуального развития рыб. Таким образом, существенной чертой фаз является то, что в пределах каждого периода их число остается одним и тем же (всегда шесть), т. е. оно не зависит от уровня организации или специфических особенностей того или иного организма (рис. 6). Естественно возникает вопрос: не ставит ли под сомнение рассмотренный выше подход тот факт, что для объяснения разных по своей сути явлений энергетической структуры зоологических систем и дискретности онтогенеза используется одна и та же зависимость, приводящая к одному и тому же численному результату?

Исходя из однообразия траекторий движения биологических систем, такое совпадение следует считать закономерным, поскольку оно и является следствием такого однообразия. В первом случае, правда, исследовалась пространственная организация биологических систем, а во втором — временная, но ведь собственное пространство и время биологических систем едино, а поэтому и результат должен был получиться один и тот же. Следовательно, полученные результаты не только не ставят под сомнение друг друга, но подтверждают фундаментальность описанных явлений. Параллельно с этим следует отметить и существенные различия, наблюдаемые при анализе этих двух типов организации живых систем.

В процессе эволюции происходит закономерный переход с одной «пространственной орбиты» на другую (осуществляется движение по вертикали). При этом переходе число стационарных состояний увеличивается от двух до шести. В процессе онтогенеза движение по горизонтали (переход от одной фазы развития к другой) сменяется движением по вертикали (переход к новому периоду развития), однако при этом число фазовых переходов и фазовых состояний остается неизменным.

Заключение

1. Чтобы быть признанной, теория должна отвечать ряду логических требований. Во-первых, она должна согласовываться с эмпирическими фактами и не содержать в себе внутренних логических противоречий. Во-вторых, объясняя новые факты, научная теория должна содержать момент преемственности между новыми и прежними представлениями. В-третьих, научная теория должна позволять предсказывать новые явления и быть в состоянии дать новые научные результаты. В-четвертых, она

должна быть законченной, т. е. представлять цельную, завершенную систему, объясняющую определенный круг фактов. Отличительной чертой такой концептуальной системы является ее относительная стабильность, органическая взаимосвязь всех ее элементов, когда при изменении одного элемента (понятия, принципа, закона) изменяются и все остальные, т. е. вся система в целом. В-пятых, новая теория, будучи замкнутой системой, вместе с тем должна иметь выходы в другие более общие научные системы, прежде всего в философскую систему взглядов и теоретическое естествознание, т. е. ее выводы не должны противоречить диалектическому материализму и передовым естественнонаучным концепциям [6].

2. Оценивая с этих позиций развитие теоретической биологии, следует отметить, что она отвечает большинству из этих требований. Так, ее общебиологическая теоретическая концепция (теория альтернативных процессов) оказывается легко выводимой из законов диалектического материализма, а на уровне своей аксиоматики она смыкается с современными физическими представлениями о пространстве — времени. О ее внутренней логичности свидетельствует то обстоятельство, что из общебиологической теоретической концепции оказываются легко выводимыми частные законы, а на их основе разработка биологической аксиоматики и создание биологического «языка». Этот же путь легко проделать, двигаясь от нижних этажей к верхним, т. е. из биологической аксиоматики оказываются легко выводимыми частные законы, а на их основе возможна формулировка общебиологической теоретической концепции.

3. Теория альтернативных процессов как общебиологическая теоретическая концепция удовлетворяет и другим требованиям, которые ставятся перед научными теориями. Она в состоянии дать новые научные результаты. Например, исходя из вывода В. Л. Иоганнсена [7] о том, что селекция в чистых линиях оказывается совершенно безрезультатной, эта теоретическая концепция позволяет сформулировать закон Иоганнсена, сущность которого может быть выражена следующим образом: в любой по размерам группе особей при отсутствии альтернативной формы какого-либо аутосомного гена действие факторов отбора по признаку, детерминированному данным геном, окажется неэффективным, т. е. при наличии только одной координаты изменение направления движения (регуляция на генетическом уровне) представляется невозможным.

4. Данная теоретическая концепция является и замкнутой, так как делает невозможным проникновение в теоретическую биологию законов, правил и принципов, которые не могут быть выведены исходя из нее, т. е. любой закон, правило или принцип, который не может быть выведен из данной концепции, либо неверен, либо относится к другим системам, которые лежат за пределами биологической формы движения материи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э. С. Теоретическая биология. М., 1935.
2. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
3. Гродинз Ф. Теория регулирования и биологические системы.
4. Гудвин Б. О теме второго симпозиума. В кн.: «На пути к теоретической биологии». М., 1970, 1.
5. Захваткин А. А. Сравнительная эмбриология низших беспозвоночных. М., 1949.
6. Калайков И., Саркисян С. Об исходных принципах создания научных теорий. В кн.: «Диалектико-материалистический анализ основных методов исследования в биологии и медицине». Киев, 1972.
7. Иоганнсен В. Л. О наследовании в популяциях и чистых линиях. М.—Л., 1935.
8. Межжерин В. А. Метод биоэкономического анализа биологических систем. В кн.: «Диалектико-материалистический анализ основных методов исследования в биологии и медицине». Киев, 1972.
9. Межжерин В. А. Энергетическая структура зоологических систем.—«Экология», 1970, № 6.
10. Межжерин В. А., Мельниченко И. П. Энергетический оптимум и оптимальные размеры тела животных.—«Журнал общей биологии», 1970, т. 31, № 4.
11. Меньшуткин В. В., Приходько Т. И. Модельное исследование вертикального распределения и продукции фитопланктона.—«Гидробиологический журнал», 7, № 2, 1971.
12. Рашевски Н. Некоторые медицинские аспекты математической биологии. М., 1966.
13. Родинский Я. Я., Левин М. Г. Антропология. М., 1963.
14. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М., 1969.
15. «Системные исследования. Ежегодник—1970». М., 1970.
16. Скворцова А. А. Исследование газообмена, кровообращения и дыхания у ягнят в онтогенезе. В сб.: «Обмен веществ и продуктивность сельскохозяйственных животных». М., 1965.
17. Уоддингтон К. Х. Морфогенез и генетика. М., 1964.
18. Уоддингтон К. Х. Основные биологические концепции. В кн.: «На пути к теоретической биологии», № 1, М., 1970.
19. Шмальгаузен И. И. Рост и общие размеры тела в связи с их биологическим значением. В кн.: «Рост животных». М.—Л., 1935.
20. Эшби У. Р. Конструкция мозга. М., 1962.
21. Backman G. Wachstum und organische Zeit. Leipzig, 1943.
22. Brody S. Bioenergetics and growth. N. Y., 1945.
23. Günther B., Barra L. de. On the space-time continuum in biology.—«Acta Physiol. Latino-Amer», 1966, vol. 16, N 3.
24. Huxley J. Problems of relative growth. London, 1932.
25. Mezherin V. A. Energetics of populations and the evolution of the shrews (Sorex, Insectivora, Mammalia). In: «Energy flow through small mammal populations». Warszawa, 1969—1970.
26. Mezherin V. A. and Dyuldin A. A. Potential quasi-energy and energetically optimal size in living organisms.—«Nature», 1970, vol. 227, N 5255.
27. Noüy L. du. Biological time. London, 1936.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, ПАРАМЕТРЫ И СЛОЖНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Б. А. СТАРОСТИН

Системный подход в биологии, как и вообще системный подход, определяется десятками различных способов, что иногда давало повод для сомнений в самой правомерности столь расплывчатой области исследования. Между тем и в этом подходе проявляется одна из важнейших черт современной «неклассической» науки — стремление познать реальные объекты в их целостности и многообразии связей, пусть лишь статистических, но без попыток укладывать их насильственно в «стройные» схемы. В последнее время все более широкое признание находит тезис, что системный подход является, пользуясь термином Т. Куна, «новой парадигмой» науки в противоположность аналитическим механистическим приемам мышления ее прошлых этапов [15, [29], [31].

Не исключено, что некоторая «неопределенность» системного подхода является неизбежной. Он меняет свое содержание в зависимости от этапа развития науки и от конкретной области применения. Неизменными остаются лишь некоторые общие принципы, образующие позицию исследователя. К этим принципам относится комплексный подход, сопоставление и синтез данных различных дисциплин, выявление уровней организации объекта.

Хотя в некоторых частных областях теории систем аксиоматический метод имеет значение, в целом она не развивается по *more geometrico* [4]. Тем не менее ее развитие имеет место и выражается прежде всего в происходящих в ней (особенно за последнее десятилетие) процессах внутренней дифференциации. В рамках этих процессов наметилось также и расчленение теории биологических систем, происходящее по двум направлениям. С одной стороны, оно следует традиционной классификации биологических наук, т. е. имеются работы по применению теории систем к ботаническим, зоологическим, физиологическим и т. д. объектам [6], [7], [13], [17], [20], [27]. С другой стороны, что важно с методологической точки зрения ([9], [13]), наблюдается обособление группы исследований, ставящих своей целью выяснение и анализ тех аспектов живой природы, которые наиболее концентрируют в себе ее системный характер. Эти аспекты путем изомор-

физма, аналогии, гомоморфного отображения или иного механизма, рассматриваемого теорией систем, приобретают значение и для других, если не для всех областей ее применения. Исследования, относящиеся к данной группе, в совокупности составляют общую теорию биологических систем, по отношению к которой ранее упомянутые частные исследования являются прикладными. Более подробно вопросы классификации системных исследований и направлений в пределах общей теории систем рассмотрены в статье И. В. Блауберга, В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина [4].

Категории системного подхода в биологии

В теоретической биологии, как уже отмечалось [10], следует различать два основных направления: изучение биологического «микромира» на грани между биологией и физико-химическими науками и изучение «макромира», получившее теоретическое обоснование в трудах Дарвина. Именно в рамках второго направления происходило выделение категорий, таких, как целостность, иерархичность, уровни организации и т. д., легших затем в основу исследования систем. Впрочем, надо отметить, что за последние два десятилетия намечается проникновение тех же категорий и в работы первого направления, что очень существенно для придания теории систем общеприкладного значения. В качестве классической иллюстрации пользы, которую системный подход может принести и принес изучению биологического «макромира», можно привести экологию.

Экология как наука возникла в результате синтеза уже имевшихся дисциплин (физиологии, флористики, почвоведения, климатологии, биометрии) на основе нового понимания объектов этих дисциплин либо как подсистем, либо как аспектов, либо как последовательных уровней единой системы — биологического сообщества. Возникновение экологии было, таким образом, актом применения системного подхода. Это подчеркивается тем, что в своем формировании экология не была связана с введением новых экспериментальных методов или открытием новых фактов. Установление собственно экологических фактов (например, закономерностей нашествия вредителей или мозаичности ценозов) имело место уже в рамках оформившейся экологии, и системное обобщение этих фактов привело, в свою очередь, к формированию комплексных дисциплин более высокого уровня, геоботаники и биогеоценологии.

Такие системные категории, как целостность, соотнесенность целого и части, система органов, организм, индивидуум, возникли уже на самых ранних стадиях развития биологии. Надо учитывать, что их возникновение не означало еще появления системного подхода как такового, поскольку категории эти были изолированы, не объединялись в систему. Если же такое объединение происходило, оно осуществлялось на базе некоторого внеш-

него для организма как биологической реальности принципа: платоновский идеи, аристотелевской энтелехии и т. д.

Таксономическое толкование принципа системности древнее методологического. Сохранившись до наших дней, оно пользуется во многом той же терминологией (например, *система, иерархия, уровень* и т. д.) и приемами овладения материалом, что и общая теория систем; это нельзя считать случайным. Таксономия статически рассматривает то, что в природе является результатом системной динамики, и обратно — системный подход есть приведение в движение тех категорий, которые в явной или скрытой форме лежат в основе систематики. Особо следует отметить родственность линнеевских принципов описания таксонов с принципами исследования операций. Эта родственность до настоящего времени недостаточно выяснена и изучена, и методы исследования операций продолжают применяться при описании новых таксонов на интуитивном, неосознанном уровне. В сущности, никому не известно, каков алгоритм описания нового таксона, хотя существуют алгоритмы расположения готовых таксонов в системе.

С появлением дарвинизма научное обоснование эволюции дало резкий стимул историчности биологических исследований. Отныне все биосистемы должны были (по крайней мере в принципе) пониматься как исторические и развивающиеся в реальном времени (ниже мы остановимся на специфической связи историчности биосистем с уровнем их сложности). Это относилось не только к уже известным и традиционным объектам биологических исследований, например к организмам, клеткам или жизненным формам, начало исследования которых было положено А. Гумбольдтом. Каждая вновь открываемая или описываемая биосистема уже подпадала под исторический принцип, т. е. ставились вопросы о ее возникновении, предках (или предшественниках), диахронических изменениях. Так было, например, с сообществами (биоценозами), биосферой, вирусами и другими видами биосистем, фиксированными уже в последарвиновскую эпоху. Эволюционный принцип исследования биосистем получил, таким образом, общеметодологическое значение.

В то же время не меньшее значение для последующего формирования системных представлений имел концептуальный аппарат, связанный с борьбой за существование и использованный Дарвином для обоснования его теории. Здесь существенна, прежде всего, имманентность истолкования биологических явлений без привлечения «энтелехии», «жизненной силы» или ламаркистских «порывов» и «прямых приспособлений». Пользуясь современной терминологией, можно сказать, что для Дарвина взаимодействие между элементами популяции на фоне окружающих условий как *среды* (термин и понятие, вошедшее затем в качестве неотъемлемого компонента в теорию систем) ведет к преобразованию существенных параметров вида как биосистемы,

частной подсистемой которой служит данная популяция. Дарвином, таким образом, была показана возможность описания сложных биологических систем с помощью набора параметров, определяющих внутреннюю структуру и эволюционные потенции этих систем.

Адекватное научное описание системы отнюдь не обязательно подразумевает ее исследование с помощью изменения или измерения параметров по одному. Такое понимание, характерное для прошлого века, сейчас сменилось признанием неизбежности комплексного изучения параметров сложных систем, т. е., в сущности, системным подходом. Но системный подход не должен в методологическом отношении отрываться от его параметрического базиса, без которого теории систем не может быть придана необходимая конкретность. Развития системно-параметрических представлений настоятельно требует также меняющаяся структура самой науки. Углубляется специализация, но углубляется и взаимосвязь отраслей. Наука, становящаяся системой, не может обойтись без системного подхода к своему объекту.

Параметры и организация

Основное положение в общей теории биологических систем занимает проблема организации живых систем. В 60-х — 70-х годах теория биологической организации заняла одно из важнейших мест в ряду областей применения системного подхода. Исследованию подверглись такие аспекты проблемы, как определение понятия организации, взаимосвязь структуры, организации и поведения, функциональная организация систем [17], [24]. Для авторов, ставивших себе целью конкретное биологическое приложение теории систем, последняя представляет интерес прежде всего как инструмент для решения встающих перед ними частных проблем. Поэтому методологический аспект проблемы нередко оставляется ими в тени — исследованию подвергается не столько организация вообще, сколько организация именно того вида биосистем, с которыми данный автор имеет дело в своем моделировании или экспериментировании. Этот подход вполне правомерен, но он должен быть дополнен анализом принципов описания, применяемых к объекту исследования, в данном случае к некоторой биосистеме, причем анализ должен вестись с учетом различных возможностей задания и соответственно описания биосистемы.

В частности, биосистема может быть задана двумя множествами: с помощью набора, во-первых, ее элементов и, во-вторых, связей между ними. Но при таком задании наличие двух не имеющих ничего общего друг с другом категорий компонентов (элементов и связей) заставляет вводить также дополнительные, вспомогательные или связующие компоненты, как степень прочности связей, уровень интеграции и т. д. Это задание обычно в

теоретической литературе, но его применение к реальным системам сталкивается с большими трудностями.

В литературе по системному подходу предлагался также иной, параметрический способ задания системы [5], [11], [13], эмпирически неоднократно применявшийся и раньше. Ниже мы рассмотрим методологические аспекты этого способа задания, оговорив также некоторые отличия нашего подхода к нему от определений, данных в работах [5], [13]. Параметрическое описание системы заключается в том, что задаются данные сразу обеих упомянутых категорий (элементов и связей), причем они объединяются в набор некоторых данных, по возможности (но не обязательно) количественных, среди которых найдет свое место и число элементов, и степень прочности связей, и все другие параметры исследуемой системы. При этом система описывается уже с помощью набора параметров (параметрическое описание и задание системы). Правда, все его элементы будут иметь различную природу, но это неизбежно и при первом способе задания, когда, например, уровень интеграции накладывается на отличные от него по своей природе детали системы.

Параметрическое задание, требующее большей строгости, уже давно эмпирически применяется как в математике, так и при паспортизации различных технических систем; в биологии его применение также имеет значительную историю, причем не только в физиологических дисциплинах, измеряющих функции организма, но и при описании на всех уровнях, включая морфологический и таксономический. В частности, количественная систематика, ведущая начало еще с XVIII в. (М. Адансон), основана именно на последовательном сравнении организмов по их параметрам. Для сознательного применения соответствующих методик необходим, однако, критический анализ понятия «признака» вообще. Попытки такого анализа предпринимаются [1], но проблема в целом может быть корректно поставлена только в рамках теории систем.

Если *описание* некоторой конкретной, сформированной системы посредством ее элементов и связей возможно, хотя и неполно, то уже совершенно недостаточным является часто применяемый способ *определения* системы через понятия элементов и связей — хотя бы потому, что «элемент» не представляет собой нечто первичное по отношению к «системе». Наоборот, элемент как элемент становится таковым лишь в контексте системы, лишь будучи субстратом для того или иного параметра. Только при учете этого факта может быть осуществлена методологическая функция общей теории систем как специальной естественнонаучной дисциплины, аппарат которой «может использоваться для анализа сравнительно большого класса таких системных предметов, исследованием которых в настоящее время занимаются биологи, химики, биохимики, биофизики, психологи и другие» [9, стр. 79].

К этому классу относятся, прежде всего, организованные биологические объекты, для изучения которых немаловажной методологической проблемой является первичное представление исходного «сырого» материала в форме, пригодной для оперирования с позиций системного подхода. Такое представление также может быть получено различными способами, причем все эти способы, по нашему мнению, соответствуют различным способам задания систем и в методологическом аспекте могут быть сведены к двум основным методам представления, которые мы в предварительном порядке обозначим как дискретный и недискретный. При недискретном представлении организации, которое иначе можно назвать аналоговым или феноменологическим (в смысле не Э. Гуссерля, а Д. Каца [19], [28]), параметры системы распределяются между ее элементами, так что система *в целом* может быть охарактеризована лишь интуитивно или как некое нерасчленимое единство (как это имеет место, например, в неоламаркизме). Позитивное изучение строения и функций системы в этом случае, если оно вообще имеет место, ограничивается выделением элементов, подсистем и/или их функций, в соответствии с принципами индуктивной логики и факторного анализа [26].

В качестве примера недискретного описания биологических феноменов можно привести анализ системы рефлексов организма, данный Дж. Когхиллом [8]. По его мнению, поведение личинок амфибий на ранних стадиях развития носит целостный характер в том смысле, что в нем невозможно различить отдельные реакции и локальные рефлексы. Автор противопоставляет эту концепцию «атомарному» подходу к условным рефлексам И. П. Павлова, но такое противопоставление может быть оправдано только неполнотой имеющейся информации. В самом деле, описание посредством вычлененных рефлекторных актов не исключает следующего, интегративного уровня описания, на котором дискретность уже не является препятствием для понимания целостности, и наоборот, целостность реакции возникает именно путем интеграции рефлексов. Различие между обоими подходами связано с тем, что при недискретном представлении на первый план выступают признаки, характеризующие объект в целом; но при этом в результате пренебрежения к частным параметрам имеется опасность, в конечном счете, потерять из вида и искомую целостность, которая, как это ни парадоксально, во многом определяется именно частностями.

Наоборот, при дискретном представлении системы большее внимание при описании уделяется ее отдельным характеристикам, составляющим в совокупности некоторую (явно или неявно заданную) матрицу высказываний. Эти высказывания не составляют структуры системы, но в своей совокупности они определяют эту структуру через ее форму как внешнее проявление в данном описании. Поэтому не следует удивляться, что для дис-

кретных методов описания различные авторы, работавшие совершенно независимо друг от друга, предложили название «морфологических»: например, морфологическая астрономия Ф. Цвики [34] или введенный И. С. Виноградовым метод анализа морфологического строя. Взятые в своей отвлеченности, морфологические методы имеют недостаток, противоположный тому, о котором мы говорили в связи с аналоговыми методами, а именно, они имеют тенденцию упускать из виду момент целостности. Между тем, этот момент исключительно важен именно для теории систем. Для его учета необходим синтез феноменологических и морфологических методов, который не может быть достигнут без учета параметричности живых систем, служащих в данном отношении моделью для систем вообще.

Системный подход как последовательное рассмотрение объектов произвольной природы под углом зрения их целостности и соотношения этой целостности со свойствами и поведением отдельных элементов объекта сложился, как мы уже говорили, сравнительно недавно — в сущности, только в течение последних трех десятилетий. Однако отдельные его компоненты, несомненно, существовали и раньше, и прежде всего в области биологии. В биологии категории целостности, структурированности, организации, иерархичности и т. д. всегда имели огромное значение. Такие классические дисциплины, как систематика или морфология, родство которых с системным подходом или морфологическим методом, как мы уже говорили, отнюдь не является чисто вербальным, возникли не только в рамках биологии (морфология минералов, классификация языков), но не случайно именно в биологии они получили наибольшее разветвление и самую подробную разработку.

Системный подход и теоретическая биология

Споры, ведущиеся в настоящее время относительно понятия «теоретической биологии», во многом обязаны не совсем правильной аналогии между теоретической биологией и теоретической физикой. Между тем, способ, посредством которого могут быть «теоретизированы» биология, с одной стороны, и физика, с другой, отнюдь не одинаков. Разумеется, некоторые общие черты могут быть прослежены здесь и там, например, широкое использование математического аппарата или применимость получаемых результатов к большому числу более дробных (соответственно биологических или физических) дисциплин. Однако в объектах физики их системная природа выступает лишь как нечто случайное, без рассмотрения чего теоретическая физика вполне может обойтись, не теряя своего теоретического характера. Наоборот, в биологии системность объектов есть именно то, что обуславливает возможность их теоретического рассмотрения, и поэтому мы вполне правомерно можем отождествить тео-

ретическую биологию со сферой системного подхода в биологии. Отсюда вытекает и ряд основных задач, стоящих перед теоретической биологией и родственных задачам системного подхода, а именно, проблема индивидуальности, целостности, вопросы о реальности существования системы наряду с ее элементами, об общих принципах управления живыми системами и т. д. Помимо этого, ряд проблем, стоящих перед частными областями биологии, но примыкающих по своему характеру к теоретической биологии, также не может быть решен без применения системного подхода.

К таким проблемам, нуждающимся в рассмотрении с точки зрения теории систем, относится вопрос о природе памяти, которому за последние годы посвящена обширная литература и в котором, тем не менее, остаются совершенно неясными такие кардинальные моменты, как считывающий (воспроизводящий в воспоминании) механизм или характер энграммы (формы записи поступающей в мозг информации). Несомненно, что ряд гипотез недавнего времени, в частности, гипотеза о кодировании на молекулярном (нуклеотидном) уровне, а также гипотеза о голографическом способе записи в центральной нервной системе, представляют определенное приближение к решению проблемы. Однако именно в проблеме памяти, может быть, больше, чем в других областях биологии, чувствуется необходимость в системном интегрировании накопленных данных. Эксперименты и опыт мозговой хирургии убедительно доказывают недостаточность аналитического подхода к случаям взаимозаменяемости частей и целостного функционирования мозга.

С точки зрения системного подхода необходимо выделить, прежде всего, различные уровни, связанные с процессами запоминания и хранения информации: нет противоречия в участии в этих процессах одновременно молекулярного, клеточного, надклеточного (реверберационные петли нейронов) и других уровней организации. В свете современных экспериментальных данных эта множественность уровней памяти представляется даже несомненной. Основной вопрос, однако, заключается в связи между всеми этими уровнями и ее системных механизмах. Возможно, что эти механизмы в какой-то мере опираются на голографию, но (трудность, которая обычно обходится в специальных исследованиях) в таком случае мы имеем дело с изготовлением весьма специфических голограмм, не носящих оптического характера и недоступных восприятию ни *in vivo*, ни *in vitro*. Особенно же неясным является вопрос о считывании голограмм и об уровне (молекулярном, органоидном или ином) этого считывания. Можно предположить, однако, что работающий в мозгу механизм считывания запомненной информации тот же, что и механизм ее кодирования, но функционирует в противоположном направлении. Не являясь голографическим, он тем не менее представляет собой некоторое обобщение голографии для более широкого

круга явлений, чем оптические. Таким механизмом мог бы быть резонанс, связывающий контуры на молекулярном, клеточном и надклеточном уровне посредством единственного параметра — собственной частоты этих контуров. В таком случае легко объяснялось бы сохранение запомненной информации в экспериментах с замораживанием мозга, приводимое обычно как довод против реверберационной гипотезы памяти. При замораживании, естественно, прекращается электрическая реверберация, но собственные частоты запоминаящих контуров не затрагиваются. Можно пойти дальше и связать молекулярный уровень памяти с тем, что в психологии известно как «кратковременная» память, а дублирующие друг друга контуры реверберации — с «долговременной» памятью. При первичном восприятии информации через анализаторы она кодируется одновременно на многих нейронах, с помощью не простой последовательности оснований, но определенных парамагнитных контуров. При некотором подкреплении энграммы она переносится на макроскопические контуры, не имеющие с предыдущими уровнями ничего общего, кроме параметров, определяющих частоту.

Ассоциативность памяти при этом сводится к нумерическому субстрату, в котором каждой паре сходных впечатлений ставятся в соответствие тождественные или, скорее, относящиеся к одному классу вычетов по некоторому модулю частоты. Модуль этот и будет соответствовать «сходству» или некоторому узлу «графа памяти», конечными отростками которого служат данные конкретные впечатления. Двигаясь по тому же графу (дереву) вниз, находим общие все для большего числа впечатлений (соответственно дающие более абстрактные сходства) узлы. Считывание же (воспоминание), подобное вырыванию фонариком светлого сектора из окружающего мрака, можно сравнить с резким пиком, который резонансная кривая дает при наложении на нее частоты, сходной с собственной частотой воспринимающего контура. Исследуя механизм памяти, мы должны принимать во внимание как его многоуровневый характер, так и единство и даже «простоту», которых мы вправе ожидать от столь универсального явления и которые отнюдь не исключают его «сложности» как вообще специфически биологического феномена (см. ниже).

Здесь, как и во многих аналогичных случаях, например при анализе проблемы старения, рака или таких сугубо прикладных задач, как охрана среды обитания человека или создание замкнутых экосистем, системный подход методологически выражается, прежде всего, в создании схемы, отражающей требования, которые предъявляет к теории имеющийся набор фактов. Разработка такой схемы возможна лишь потому, что упомянутый набор сам, хотя бы *implicite*, представляет собой систему. В противном случае невозможна и разработка теории.

Для параметрического подхода как разновидности системно-

го большое значение имеет содержание, придаваемое понятию параметра. Нередко этот термин употребляется просто как синоним «свойства». Так, симпозиум по лабораторным животным, состоявшийся в Вашингтоне в апреле 1969 г., был проведен с целью «уточнить параметры, которые задают измерения (the parameters that give dimension) миру лабораторных животных, и изучить как переменные, свойственные самим животным (the variables in the animal itself) — их наследственность, ассоциированную микрофлору, реакцию на антигены, особенности разведения, питания и эмоций — так и переменные окружающей среды (the variables that surround the animal), в том числе физической, социальной и микробиологической» [29, стр. 2].

Однако более строгим и в то же время удобным для системного описания является определение параметра как величины, характеризующей то или иное свойство какого-нибудь явления, например, для вида — его численность, скорость размножения, ареал распространения и т. д.

Для наших целей удобнее говорить в общем случае не о параметрах, с которыми связано представление об элементарных свойствах, описываемых некоторым числом, а о параметрических характеристиках (ПХ) системы, т. е. таких ее свойствах, которые также описываются однозначно, но не обязательно числом, а вообще некоторым высказыванием или набором высказываний. Последние могут, конечно, иметь и элементарную форму « X равно N », где X — свойство (например, систолическое кровяное давление), а N — число (именованное; например, 125 мм рт. ст.), так что множество ПХ данной системы включает в себя в качестве подмножества и набор ее параметров.

Исторически отождествление теоретической биологии с системным подходом выступает в работах авторов 30-х годов. В других теоретических науках, как теоретическая география, геология и т. д., включая и гуманитарные (теоретическая лингвистика), соответствующее отождествление не проводится.

Причина этого, по нашему мнению, лежит в том, что в смысле существования в науке некоторой особой области, представляющей относительно замкнутое теоретическое построение, могут иметься только две теоретические науки: теоретическая физика и теоретическая биология. Первая воплощает принцип математизации независимо от системного или организменного подхода, вторая — на базе системного подхода к объекту, который вообще не может рассматриваться иначе, как система. Когда же говорят о «теоретической географии» и т. д., имеют в виду не столько теоретическую науку как таковую, сколько наиболее абстрактную область некоторой данной эмпирической (или даже отвлеченной — например, теоретическая математика) науки. Впрочем, эту противоположность нельзя абсолютизировать, особенно если вспомнить, что теоретическая биология как воплощение системного подхода еще не построена, а реально

наличные интерпретации теоретической физики связаны с этим подходом хотя бы в отношении педагогического построения дисциплины. Для теоретической («высшей») биологии системный подход есть единственно мыслимый подход к объекту. Все остальные «подходы» суть не столько подходы, сколько отступления от объекта. В свою очередь, системный подход немало получает в методологическом отношении от теоретической биологии, которая служит для него одной из наиболее достоверных моделей.

Рассмотрим в связи со сказанным пример параметра, на первый взгляд мало связанного с целостностью и прочими системными признаками организма, а именно долголетие. Здесь имеет место огромный разброс показателей даже для близкородственных групп; с другой стороны, показатели для совершенно разобщенных групп могут совпасть, например, лошадь и имаго термитов живут по несколько десятков лет, и это совпадение равным счетом ничего не значит. Положение, таким образом, в высшей степени неблагоприятное именно для системного подхода.

Тем не менее, введя некоторые ограничения, мы можем попытаться методологически упорядочить хаос данных. Для этого необходимо прежде всего рассматривать долголетие и его комплект — старение — по действительно родственным группам; кроме того, будем вести рассмотрение по конкретным уровням. Наконец, будем обращать в данном случае внимание не на колеблющиеся в зависимости от условий (в основном сниженные) сроки продолжительности жизни («экологическое долголетие»), но максимально достижимые для данного таксона в оптимальных условиях сроки («физиологическое долголетие»). Уровней организации, точнее индивидуальности, выделим четыре, а именно те, которые до известной степени соответствуют уровням сложности.

С указанными оговорками, сравнивая максимальные из доступных данных, можно прийти к заключению, что продолжительность жизни индивидуума при переходе на следующий уровень увеличивается приблизительно на порядок (10^0 , 10^1 , 10^2 и 10^3 лет).

1) Уровень клетки. Изолированные, но активно функционирующие клетки и одноклеточные организмы, как растительные, так и животные, при наблюдениях в культуре и максимальном предотвращении деления или смерти, обычно не живут больше 1—2 лет. Жизнь амебы с помощью ежедневных ампутаций, препятствующих делению, удавалось продлить до 130 дней; аналогичные данные имеются о стенторе. Дрожжевые клетки почкуются на продолжение всей своей жизни, но вторая почка не образуется на месте рубца предыдущей. Поскольку на поверхности дрожжевой клетки есть место приблизительно для сотни рубцов, теоретическая продолжительность жизни определяется примерно в год. Свободно живущие клетки высших растений при их

культивировании в условиях микрокамеры остаются живыми в течение нескольких месяцев; у изолированных клеток ткани табака движение протоплазмы наблюдалось в течение 14 месяцев.

2) Уровень колонии. Для колониальных индивидуумов данных по продолжительности жизни мало, но по имеющимся свидетельствам ее верхний предел обычно колеблется от 5 до 20 лет. Соответствующие указания имеются для диатомовых, для слизевиков и для многих колониальных животных, а также и для губок.

Любопытно, что сравнимые с уровнем колоний сроки продолжительности жизни имеют изолированно культивируемые органы растений. Например, укорененный лист бегонии живет 9—10 лет, в то время как на растении он жил бы не более 1—2 лет; аналогичные результаты получены Н. И. Дубровицкой и другими на ряде других цветковых.

Видимо, в подобных случаях совпадение не является случайным: общность параметров отражает некоторую общность в степени целостности, свойственной, с одной стороны, колониям и, с другой, отдельным органам как растений, так, по-видимому, и животных.

3) Уровень интегрированного организма. Среди растений у грибов максимальная наблюдавшаяся продолжительность жизни приближалась к 100 годам; аналогичны данные Г. Молиша по папоротникообразным, Т. А. Работнова по луговым злакам. Ламинарии достигают возраста 100—200 лет; сходны сроки, приводимые Э. Вангерманном для плюща, арктической ивы, куропаточьей травы. Виноградная лоза доживает до 100—130 лет, рододендрон — до 90. Для *Filipendula ulmaria*, *Actaea spicata*, *Solidago virgaurea*, *Anemone nemorosa* И. Г. Серебряков на основании отношении длины их виргинильного периода к общей продолжительности жизни определил последнюю в 75—150 лет. Путем подсчета узлов ежегодного ветвления и годовичных колец в одревесневших стеблях К. В. Станюкович определил в пустынях Памира наибольший возраст полыни в 98 лет, пижмы в 80 и т. д.

Среди животных, если ограничиться только вполне достоверными сообщениями, подытоженными А. Комфортом, актинии живут до 90 лет, пластинчатожаберные моллюски до 100, рыбы до 82 (осетр, щука), черепахи до 100—150 лет. Из птиц гаги доживают до 70—100 лет, лебеди до 80—100 лет, стервятник до 100—120 лет. По несколько десятков лет живут некоторые плоские черви (*Taeniogyrinus saginatus*), ракообразные (*Notargus americanus*), членистоногие (тарантулы, имаго термитов), земноводные (гигантская саламандра — 65 лет). Очевидно, не составляют исключения и млекопитающие. Таким образом, растительные и животные организмы в самых различных филогенетических ветвях имеют в качестве предела продолжительности жизни «вековой параметр» — 100—200 лет. В сущности,

любой организм, достигший возраста 90—120 лет, можно считать «долгожителем».

Если это до сих пор не констатировалось, то в значительной мере из-за кажущегося противоречащего примера долгоживущих деревьев. Их происхождение, однако, связано с процессами гиперморфоза при возрастной неизбирательной элиминации, глубокий анализ которых дал И. И. Шмальгаузен в «Путях и закономерностях эволюционного процесса» [22, стр. 180—181]. Он показал, что у животных «общая, т. е. не избирательная элиминация молодежи связана с отбором особей с более длительным размножением, а это приводит у форм с длительным ростом к филогенетическому увеличению общих размеров тела», которое «не бывает пропорциональным и имеет нередко характер перерастания, т. е. гиперморфоза, сопровождаемого иногда эксцессивным развитием отдельных органов... в популяции получают преобладание зрелые формы, а больше шансов оставить потомство имеют тогда особи с длительным размножением. Отбор будет идти на увеличение длительности жизни», сопряженное «с продлением роста, увеличением общих размеров тела и другими явлениями гиперморфоза. Если же неизбирательная элиминация падает на половозрелую форму, то в популяции получают преобладание молодые особи, а потомство оставляют, главным образом, рано и интенсивно размножающиеся особи. Раннее созревание может достигаться и при общем недоразвитии, и тогда естественный отбор приведет к катаморфозу. Таким образом, даже общая неизбирательная элиминация оказывается все же избирательной благодаря изменению вероятности оставления потомства особями с разной плодовитостью, с разным временем полового созревания и разной длительностью жизни и размножения».

Эти рассуждения применимы к растениям еще в большей мере, чем к животным, потому что у деревьев сняты или ослаблены механизмы, противодействующие гиперморфозу, а именно, системное ограничение размеров. В сущности, пикноксилитические деревья соответствуют уже четвертому, клональному уровню организации, системная природа и параметры которого еще недостаточно выяснены.

Смысл «векового параметра» лежит именно в системной природе организмов. Единственной альтернативой было бы объяснение на клеточном уровне, поскольку нервные клетки, у растений — паренхимные могут жить до 100 лет. Однако изолированные клетки живут 1—2 года (см. выше); поэтому не максимальная их жизнеспособность лимитирует продолжительность жизни как параметр, и наоборот, целостное функционирование организма как системы создает для его подсистем «среду долголетия». Если же рассматривать это функционирование в плане его отношения к внешней среде, можно отметить, что одинаковые параметрические последствия достигаются различными систем-

ными механизмами — явление, которое можно назвать «симпараметрией» и которое характерно для систем самых различных классов. Так, если взять науку как систему, то одинаковые научные эффекты могут быть получены при самой различной организации науки; одинаковая скорость движения маскирует абсолютно различные двигатели, и т. д. В случае долголетия, как нам представляется, имеются два симпараметрических механизма, гиподинамический и гипердинамический. Первый связан с автономией периферических механизмов и выступает у малоподвижных животных (моллюски, черепахи); если в этих филах гиподинамия сменяется гипердинамией, продолжительность жизни снижается (например, у головоногих моллюсков она невелика). Таким же образом, если у тех групп, которым свойственно связанное с центральными механизмами гипердинамическое долголетие, возникает вторичная гиподинамия, продолжительность жизни снижается. Очевидно, что исследование проявлений этого чисто системного принципа может иметь практические медицинские последствия.

Анализ проблемы долголетия, равно как и вопроса о механизмах памяти, ведет к постановке вопроса, каковы в общем виде системные параметры или характеристики организма и вообще системы. Разобранные частные примеры показывают связь параметров систем с уровнями организации и необходимость значительно более конкретного, чем это обычно делается, подхода к системе как набору системных и несистемных параметров.

Системные и несистемные характеристики

ПХ так же, как и их частный случай — параметры, могут быть системными и несистемными. Под системными параметрическими характеристиками (СПХ) мы будем понимать такие наборы высказываний о свойствах системы, в которые не могут быть внесены изменения без того, чтобы вся система не перешла за некоторый критический предел, после которого она уже не остается системой того же уровня организации, целостности и т. д., какой была раньше. Очевидно, что пороговое значение этого критического предела само также есть СПХ для данной системы. Здесь необходимо сделать следующие три примечания, касающиеся природы СПХ и их роли в системном исследовании.

Во-первых, говоря о параметрах и ПХ как их обобщениях, надо различать, с одной стороны, параметры (и ПХ), с другой — свойства, соответствующие им (ср. различие между объектом и предметом исследования [24]). Свойство есть принадлежность самого системного объекта, присущая ему независимо ни от какого моделирования; наоборот, ПХ есть отображение этого свойства в модели. Модель, рассматриваемая как система, может иметь как ПХ, так и свойства; но в модели, скажем, популяции ПХ будут ее константы, характеризующие прирост биомассы или

числа особей, смертность, скорость поглощения определенных веществ из среды и т. д., а свойствами той же модели будут, например, степень ее соответствия действительности, операбельность, широта возможных применений.

Во-вторых, если некоторая СПХ является параметром в указанном смысле, то она, очевидно, является именно системным параметром (СП), но в данном случае СП не следует смешивать с СП одесской школы системных исследований [5], [13]. В нашем смысле типичным СП является, например, температура теплокровных организмов (в организме нет, например, вещества, которое плавилось бы при 37°, и изменения, происходящие при переходе через эту критическую точку, определяются только на уровне организма в целом) или максимальная продолжительность жизни (для некоторого данного вида). Что касается веса, размеров в некоторый данный момент и т. д., они не являются СП, так как системность организма не нарушается при их сдвигах (в пределах, ограничиваемых их возможным метапараметрическим превращением — см. ниже). Системная природа здорового организма, скажем человека, не изменится от приращения его веса или изменения цвета лица. Г. Я. Портнов и А. И. Уемов называют СП «свойства, которые характерны для любых систем», например свойство системы состоять или не состоять из разнородных элементов, важность для нее порядка [13, стр. 104]. Очевидно, что в свете принятого нами определения такие свойства не являются параметрами, тем более СП, и их соотношение с СП еще предстоит выяснить.

В-третьих, СПХ можно в определенном смысле отождествить с категорией «существенных» для данной системы свойств. Однако эта категория является более расплывчатой, близость же ее к СПХ объясняется тем, что «существенными» для некоторой системы как системы свойствами, очевидно, будут именно ее системные свойства.

Всякая (не только биологическая) система, поскольку она вообще может быть описана и поскольку она является системой, описывается некоторым набором СПХ, реализуемым с помощью других, несистемных параметрических характеристик (НПХ), без которых система не может существовать, но которые не определяют ни ее качества, ни специфики ее функционирования. Так, если рассматривать в качестве системы «науку в некоторой отдельной стране», то она описывается набором СПХ (организация и направленность исследований, соотношение прикладных и фундаментальных, государственных и частных, военных и гражданских исследований) и набором НПХ (размеры финансирования, численность кадров).

Из этого же примера видно, что различие между СПХ и НПХ не является абсолютным: изменяясь за некоторый предел, НПХ нарушает специфику системы. Снижение финансирования отрасли, ведя к замедлению темпа работ, может не изменить их

тематики, организации и других СПХ, но снижение финансирования дальше некоторого предела сопряжено со свертыванием важных направлений исследований, падением их уровня, т. е. имеет системные последствия. Можно сказать, что в таких случаях ПХ имеет двоякую природу, собственную и метапараметрическую: собственная природа (например, финансирования как НПХ) определяется набором высказываний, в число которых входят и высказывания о границах, в которых сохраняется инвариантность системы к изменениям данной ПХ и в которых, следовательно, ПХ остается несистемной. Что касается метапараметрической природы той же ПХ, она описывается высказыванием о свойстве системы качественно меняться при выходе ПХ за установленные границы. Такое высказывание, конечно, дает нам СПХ, но эта СПХ коренным образом отличается от изменений того же свойства в «собственных» пределах и говорит не о свойстве системы «быть инвариантной к изменениям данной НПХ», а ее свойстве «качественно меняться» при отмене данной НПХ, ибо отмена НПХ есть появление новой СПХ.

Введенное нами различие СПХ и НПХ в значительной мере соответствует установленному П. Э. Морозом различению уравновешенных и неуравновешенных параметров, из которых первые «могут по ходу прогрессивной эволюции увеличиваться, уменьшаться или оставаться неизменными» [11, стр. 270], в то время как вторые обязательно эволюционируют к определенному пределу. К числу первых автор относит температуру тела, продолжительность жизни, кровяное давление, уровень сахара в крови и другие типичные СПХ. Тем не менее, полного соответствия между этими двумя делениями (на СПХ и НПХ, с одной стороны, и на уравновешенные и неуравновешенные параметры, с другой) не имеется. В целом вопрос о классификации параметров (особенно биологических) является чрезвычайно сложным, и мы находимся только на начальной стадии его разрешения.

Обращаясь к биологическим примерам, отметим, что некоторое увеличение или уменьшение площади, занимаемой сообществом, вообще говоря, не меняет ни его ярусной структуры, ни видового состава и т. д., т. е. является типичной НПХ. В то же время уменьшение площади ниже некоторого критического предела ведет к выпадению видов; так, степные антилопы вымирают в небольших заповедниках из-за отсутствия достаточного простора, что влечет и другие системные сдвиги в ассоциации. Аналогичным образом плотность популяции является НПХ, поскольку популяции одной и той же формы могут, в зависимости от внешних условий, становиться более или менее разреженными, причем сохраняют все свои общие системные свойства, в частности, коэффициент размножения. Однако для популяций большого черного усаца (*Monochamus urussovi* Fisch.) в пихтовых лесах Средней Сибири это выполняется только на интервале плотности приблизительно до 13—14 особей на 1 кв. м, после

чего наблюдается резкая вспышка размножения, в почти линейной зависимости от повышения плотности до 16—18 особей на 1 кв. м и затем опять плато постоянного коэффициента размножения [7]. Таким образом, мы имеем здесь критический интервал приблизительно от 13,5 до 17 особей на кв. м, в котором нарушается системность плотности популяции как ПХ и который отделяет левый интервал от 0 до 13,5 особей на кв. м от правого (от 17 и теоретически до сколь угодно больших значений). На границах критического интервала происходит метапараметрическое превращение НПХ в СПХ. Интервалы слева и справа от критического представляют собой уровни устойчивости с поддержанием флуктуации размножения в пределах, позволяющих считать его СПХ. Эта особенность поведения системы имеет и практическое применение, поскольку позволяет использовать для защиты леса от вредителей не инсектициды, нередко нарушающие всю ценотическую структуру, а репелленты, которые, рассредоточивая популяцию, снижают ее плотность за критический интервал и отрезают ей возможности достижения второго, более высокого уровня устойчивости.

Вообще же системность тех или иных ПХ данного объекта зависит от устойчивости системы более высокого ранга, для которой данный объект служит подсистемой. Если опять обратиться к экологическому примеру и рассматривать популяцию как подсистему системы следующего ранга, сообщества, то очевидно, что в более устойчивых сообществах основные ПХ их популяций также более стабильны. Например, во влажных тропических лесах с их весьма совершенным гомеостазом не наблюдается всплесков численности насекомых [25]. В данном случае биоценотический уровень организации оказывает регуляторное воздействие на популяционный уровень.

Та же закономерность подтверждается и противоположными примерами снятия регуляторных ограничений с низших уровней при прекращении действия, оказываемого высшим уровнем. По отношению, например, к уровню органелл клетки устранение СП высшего уровня имеет место в клеточных гомогенатах. В гомогенатах растительных клеток, полученных с помощью измельчения последних по возможности без повреждения внутриклеточных структур, могут продолжать образовываться фосфорные эфиры сахаров и нуклеотидов, происходит фотосинтетическое поглощение углекислого газа и т. д. Однако именно вследствие отсутствия высших уровней регулирования расходование различных метаболитов и особенно ферментов идет форсированным темпом, что в конечном счете ведет к быстрому прекращению биологических реакций [6]. Во избежание такого результата экспериментаторы держат гомогенаты в холодильнике. При этом холод (НПХ) служит функциональным аналогом СП клеточного уровня, но эта аналогия исключает проявление системных связующих механизмов между различными уровнями.

Параметрическое задание системы

Введенные нами понятия параметрического исследования систем позволяют сделать ряд практических выводов относительно возможностей задания систем различного типа, синтеза и анализа систем различной сложности.

Системные и несистемные ПХ в различных соотношениях могут быть выделены в любом объекте, не только в таком, который представляет собой типичную систему в традиционном понимании. Отсюда вытекает важное следствие, что каждый объект содержит в себе нечто «системное» и что наличие чего-то «системного» (а именно, некоторых СПХ) в объекте еще не делает его системой. Неясно, можно ли дать универсальный критерий системности для всех областей и уровней рассмотрения, но для каждого частного случая (например, для биологических, географических и т. д. систем) такой критерий может быть дан в виде некоторого «критического» набора параметров, определяемого спецификой системы.

Встает естественный вопрос: если система определяет некоторый набор параметров, то определяет ли набор параметров некоторую систему? Ответ на этот вопрос не может быть однозначным. В самом деле, бывают системы, которые *определяются* набором параметров. Такова, например, система языка в его письменной форме, которая может быть полностью описана и, следовательно, задана с помощью элементарных характеристик. Противоположным примером может служить потенциально бесконечная по числу связей и параметров система «организм — среда». Язык может быть дешифрован, организм — не может. Интуитивно ясно, что это различие каким-то образом связано со степенью сложности той или иной системы. В настоящее время предпринимаются многочисленные попытки вскрыть природу сложности и представить ее в дискурсивном виде. С точки зрения параметрического анализа выделяются, прежде всего, системы конечной сложности, например машины или конечные автоматы, которые определяются своей схемой и, следовательно, системой параметров.

Для этих систем ответ на поставленный вопрос не вызывает затруднений. Но столь же очевидно, что встречаются системы, и прежде всего биологические, которые мы не можем по крайней мере при современном уровне наших знаний задать с помощью конечного числа параметров. Например, с организма мы можем снять сколь угодно много таких СПХ, как температура, кровяное давление, продолжительность жизни, или (для растений) интенсивность фотосинтеза, корневое давление и т. д., но не сможем по их набору восстановить исходную систему (хотя бы в идеальной форме адекватного образа) в случае отсутствия. Даже если мы пополним набор СПХ такими по сути комплексными и итоговыми характеристиками, как форма листьев, окраска, спосо-

бы сочленения суставов и т. д., мы получим образ, который будет совпадать с исходным организмом, самое большое, по чисто внешним признакам — как бы муляж или мнемоническую копию. В чем заключается причина столь высокой сложности организма? По-видимому, она в первом приближении лежит в его исключительно тесной связи со средой, как современной ему, так и средой его предков.

Если понимать под сложностью системы мощность набора параметров, которым она определяется, то как организм (точнее, система «организм — среда»), так и язык представляют собой системы бесконечной сложности. В применении к языку это показали Г. Ипсен, а также Н. Хомский, Дж. Пирс и другие авторы [12], [27], которые отмечают, что машина с конечным числом состояний не может быть выбрана в качестве модели грамматики, ибо существует много неполностью алгоритмированных операций и непредсказуемых по длине и содержанию предложений, не синтезируемых такой машиной. Однако организм по своей параметрической структуре является, если так можно выразиться, «более бесконечным», чем язык, поскольку последний представляет собой, как уже неоднократно указывалось, своеобразный код. Конечно, это не тот простой код, в котором механически подставляется определенное слово вместо обозначаемого им явления. Он скорее похож на сложные коды, которыми пользовались первые шифровальщики, где одной букве или слову «соответствовал целый список неповторяющихся кодовых слов, выбираемых по вкусу (для искажения истинной статистики языка)» [12, стр. 142]. Отсюда и возможность расшифровки. О сравнении различных типов сложности мы говорили ранее [19]. Здесь нас интересует только существование внутри множества типов сложности некоторой границы, отделяющей системы, определяемые набором параметров, от систем, определяющих этот набор. Эта граница лежит не между конечной и бесконечной сложностью, но в пределах бесконечных сложностей.

Совокупность параметров системы сама образует некоторую систему, которая не совпадает с той, из которой они выделены. Так, набор всех ПХ организма также есть система, но с другими признаками, нежели сам организм. Организм имеет «вес», «размер», а набор его ПХ имеет «мощность» (в теоретико-множественном смысле), характеризуется взаимной зависимостью между параметрами, их соотносительностью и т. д. Элементарное свойство взаимоограничения параметров ведет к очень важным последствиям. Среди них упомянем объяснение (в общем виде) баланса и уравновешенности исторически сложившихся систем («экономия природы»), а также обоснование возможности для системы функционировать именно как данная конкретная система (принцип спецификации). На целесообразно действующие системы та же необходимость сохранения баланса накладывает ограничение в возможности достижения целей. Система может

достичь одновременно нескольких стоящих перед ней целей только в том случае, если суммарный «расход» некоторого обобщающего параметра на все эти цели не превышает критической величины. Для работника таким обобщающим параметром может быть, например, время, для организма вообще — энергетические запасы, для государства — денежные средства и т. д. Принцип экономии имеет, таким образом, существенное (хотя специально еще и не исследованное) значение в аспекте общей теории систем.

Параметрический анализ систем может принести пользу также и для эволюционного или исторического рассмотрения систем различных типов. Ряд параметров систем (например, для науки — ее традиционная тематика, образ мышления) определяется не только их современным состоянием и средой, но отражает и условия формирования этих систем. Известно, что по СПХ организма, изъятых из исходной экологической обстановки, мы можем в известной мере реконструировать эту обстановку. Так, из неспособности человека длительное время переносить (без искусственных средств жизнеобеспечения) холод можно заключить о том, что его родина была в теплых широтах; из его сравнительно небольшой (по сравнению, например, со степными копытными) скорости локомоции следует, что его предки жили в среде, не допускающей быстрого передвижения (в лесу).

Многие СПХ представляют интерес для исследования не сами по себе, но лишь в комплексе с другими СПХ, и наличие таких комплексов указывает на существование различных уровней во множестве параметрических характеристик организма. Скорость передвижения, свойственная данному виду животных, не может быть оценена какой-либо одной величиной, но лишь системой параметров, куда войдет и максимально возможная скорость, и медианная скорость, а также характеристики по этому показателю в различные онтогенетические периоды, сезоны и т. д. Все эти характеристики представляют собой СП низшего уровня, по сравнению со скоростью передвижения, которая вместе с температурой тела, кровяным давлением, мышечным тонусом и т. д. составляет высший уровень результирующих СП.

Сложность параметрических систем

Биологическая (и надбиологическая) система всегда есть нечто индивидуальное, но ее индивидуальность ограничивается рамками описанной вокруг нее параметрической системы. Поэтому неправильно замечание Иордана, что законы физики и химии объемлют как действительное, так и возможное, в то время как биологические законы говорят исключительно о действительном. Возможное для биосистемы — это система ее параметров, постигаемая в идеале как целостность или «тип», действительное — «гештальт», как конкретное ограничение этой возможности набором индивидуальных вариаций. Исчисление

конечных и бесконечных сложностей показывает всю важность для развития организма генной среды как непрерывного фактора, определяющего уоддингтоновский «эпигенетический ландшафт». Без этого непрерывного фактора сложность организма не превосходила бы сложности равномерного кода, т. е. была бы конечной. Вследствие таких особенностей генной среды можно выдвинуть гипотезу, что она обладает непрерывной, т. е. большей, чем элементарно бесконечная, сложностью, хотя эта сложность другого рода, нежели сложность психики. Генная среда включает в себя все «будущие» комплексы только потенциально, т. е. имеет возможность породить их после соответствующих экологических воздействий. Поэтому непрерывность генной среды все же ниже непрерывности сложности психики.

Сложность психики является высшей из всех сложностей, что следует, в частности, и из того, что психика может «вместить» в себя всякую другую сложность в качестве изоморфного ей познавательного образа. Дальнейшие системные уровни, например социологический, базирующиеся на психике, имеют, тем не менее, низшую по сравнению с ней сложность. Это парадоксальное на первый взгляд явление связано с тем, что сложение сложностей не является аддитивным. Оно может вести к сохранению степени сложности (например, сумма двух равномерных кодов есть равномерный код) и к ее понижению. Так, суммируя сложности индивидуумов, получаем сложность популяции, которая меньше слагаемых, поскольку популяция гораздо легче может быть полностью моделирована или описана, чем любой входящий в нее индивидуум¹. Популяция может быть задана конечной матрицей ее НПХ (численность, площадь ареала), СП (скорость прироста, соотношение полов и т. д.) и связей между ними.

Сложность высшего порядка получается не в результате суммирования, но в результате такого соединения подсистем, которое сопровождается их взаимопроникновением и появлением новых и более сложных СПХ. Эту операцию можно назвать «умножением» сложностей или их «синтезом», в отличие от «сложения» или «соединения». Сложность популяции меньше

¹ Ср. также аналогичное указание В. М. Бехтерева в его «Коллективной рефлексологии» [3, стр. 97, 205] о том, что «... толпа имеет как бы нивелирующее влияние на отдельных индивидов, которые... не имеют возможность проявить в толпе свою индивидуальность»; «решенные толпы являются равнодействующей или, вернее, средней арифметической из мнений целого ряда лиц, составляющих толпу». В данном случае также сложность системы ниже ее составляющих. Бехтерев [3, стр. 204] цитирует также Сигеля, по мнению которого в толпе «...высшие продукты соотносительной деятельности различных индивидов как бы вычитаются друг из друга и выливаются в форму средней линии, и все ценное и разнородное изглаживается. Наоборот, все то, что относится к более низким формам соотносительной деятельности, — импульсивность, эгоизм напр. — подавляемые в индивидах, здесь как бы слагаются, затемняя собою более высокие проявления». Однако Бехтерев подчеркивает, что это, пользуясь нашей терминологией, происходит именно при «соединении», а не «синтезе» индивидуумов.

сложности ее подсистем — индивидуумов, ибо они образуют ее соединением, но нетрудно проверить с помощью параметрических матриц, что сложность биоценоза больше сложности его подсистем — популяций, ибо биоценоз образуется путем их перемножения.

Таким образом, мы получаем своего рода шкалу сложностей. Имеются, прежде всего, сложности, которые могут быть описаны с помощью языка, а именно, конечные и элементарно бесконечные сложности. К первым относится сложность конечной машины или автомата (поскольку Тьюринг показал, что полное описание произвольного автомата может быть дано с помощью конечного числа слов), а также сложность псевдобесконечных систем, получаемых путем монотонного сложения конечных машин. В самом деле, теоретически машина также может представлять бесконечное устройство, например машина Тьюринга с ее неограниченно простирающейся влево и вправо лентой. Ее сложность — это конечная сложность псевдобесконечной системы; такова же и сложность формализованного языка. На этом же уровне лежит и сложность формализуемых элементов нервной системы, потому что, согласно теореме Маккаллока — Питтса, любая функция нервной системы может быть полностью смоделирована формальной нервной сетью, если только эта функция описывается конечным числом слов. Из сказанного ясно, что любая конечная или элементарно-бесконечная сложность изоморфна сложности равномерного кода, с которым любая система такой сложности может быть поставлена во взаимнооднозначное соответствие. Реальный же язык превышает эту сложность, т. е. его сложность бесконечна уже неэлементарно, и с этим связана невозможность машинного перевода произвольного текста.

Следующий уровень на шкале сложностей занимает сложность биологического организма («органическая сложность»), бесконечность которой вытекает, в частности, из принципа необратимости эволюции Долло² и из того, что свойства организмов определяются их прошлым («исторические» системы). Бесконечность числа элементарных признаков (морфологических, а тем более физиологических) организма убедительно показана в недавно опубликованной посмертно работе А. С. Серебровского [16]. По сравнению с органической (непрерывной) сложностью сложность языка (даже реального, а не формализованного) является не более чем счетной. Бесконечный комплекс счетной сложности может быть синтезирован искусственно (например, эсперанто) и результаты вмешательства в его жизнь

² Впрочем, этот принцип был ранее сформулирован Дарвином, по мнению которого однажды исчезнувшие таксоны не могут появиться вновь. Л. С. Берг [2, стр. 159] пытается опровергнуть это положение, но вынужден прийти к выводу: «общая картина эволюции органического мира ясно показывает, что в общем закон Долло, несмотря на частные исключения, справедлив».

теоретически предсказуемы. Выше по шкале сложности это уже невозможно. Предсказуемость существует, но в ней решающее место занимают чисто эмпирические моменты. Сложность организма заключается не в бесконечной возможности реагировать на стимулы (ибо и неживой предмет «реагирует» на механические, электрические, химические и т. д. воздействия столькими же способами, сколько «стимулов» к нему приложено), но в возможности направленно изменяться под действием стимулов. Сложность организмов при этом суммируется в меньшую сложность популяции и вновь выходит из последней после процесса мутирования и естественного отбора, но уже с некоторым приращением, которое в результате эволюции может актуально превзойти сложность какой бы то ни было последовательности стимулов.

Отношение между элементарно-бесконечной сложностью равномерного кода, изоморфного сколь угодно длинной одностолбцовой матрице, и органической сложностью в известной мере напоминает введенное Гегелем различие между дурной и истинной бесконечностью.

Исчисление сложностей, строящееся на основе параметрического анализа систем, дает, таким образом, возможность прийти к ряду практических выводов: о роли генной среды в развитии, о целесообразности определения прогресса как создания более высоких сложностей, об ограничениях искусственного синтеза новых сложностей.

Все это оправдывает тот интерес, с которым последнее время сторонники системного подхода относятся к теории сложности. Совершенно справедливо указывалось, что системный подход междисциплинарен по своему характеру, и в нем особое значение приобретают моменты, выходящие за рамки таких отдельных дисциплин, как биология, социология, лингвистика и т. д. [14]. Разумеется, это не противоречит тому, что общая теория систем, будучи метатеорией, в то же время сама является специальной дисциплиной наряду с остальными. Возможность исчисления сложности с помощью СПХ как раз и является одним из таких моментов, позволяющих выработать унифицированный подход к весьма широкому классу систем, а именно к системам, для которых характерен некоторый уровень организации. Таковы, конечно, биологические системы (организмы, популяции, биоценозы и т. д.), но также и системы надбиологического типа, как наука, общество или искусство. Наличие уровня организации подразумевает также наличие ряда более низких (подчиненных) уровней, взаимодействие и объединение которых возможно только благодаря их параметрической специфике.

Выводы

1. Системный подход для своей конкретизации требует анализа систем со стороны их параметрической структуры. Это требование не является случайным, но выдвигается самой жизнью и внутренней логикой развития системного подхода. Без исследования параметров систем не может быть достигнуто их реальное сходство и различие, специфика функционирования, не могут быть решены основные задачи, стоящие перед теорией систем. С этой целью должны быть привлечены также данные классических дисциплин, имеющих внутренние методологические точки соприкосновения с теорией систем и исследованием операций, в частности, таксономии.

2. Дискретное представление системы необходимо для исследования ее целостности. В свою очередь, дискретное представление в качестве своей предпосылки нуждается в выделении и экспериментальном комплексном изменении параметров. Понятие параметра является предельным случаем параметрической характеристики вообще и должно рассматриваться именно в качестве такового. Параметрическое задание системы имеет значительные преимущества перед обычным элементарно-связевым, поскольку позволяет с самого начала избежать при определении системы абсолютно чуждых и внеположных друг другу терминов отношения.

3. Рассматривая в качестве примера системного параметра долголетие, мы приходим к выводу о зависимости системных параметров от уровня рассмотрения и организации. Увеличение долголетия при повышении уровня организации отвечает ведущим системным закономерностям организма. Оно не может быть объяснено вне системных принципов (например, цитологически). Намечаемое в рамках теории систем различие между гиподинамическим и гипердинамическим долголетием иллюстрирует роль специфичности биологических организационных параметров в эволюции.

4. Различие между системными и несистемными параметрами и параметрическими характеристиками помогает в решении наиболее сложных вопросов феноменологического описания систем. В то же время это различие не является абсолютным, поскольку при определенных условиях возможно превращение системной характеристики в несистемную и обратно. При каждом таком метапараметрическом превращении существует некоторый характеризующий его критический интервал.

5. Соответственно возможности определить данную систему ее набором параметров выделяются системы различной параметрической структуры. Последняя в своем количественном выражении совпадает со сложностью системы, что дает возможность наметить контуры абстрактного исчисления сложностей. Поскольку организм имеет «органическую» или «непрерывную»

сложность, дискретная же генетическая система, из которой развивается организм, имеет лишь более низкую (конечную) сложность равномерного кода, необходимо допустить важнейшую для онтогенеза роль генной среды как недискретного фактора развития. Возможно, что для филогенеза аналогичную роль выполняет экологическая среда. В таком случае отдельные организмы в системном плане аналогичны дискретным единицам генетического кода.

6. Операции сложения и синтеза сложностей дают возможность получать параметрические системы, по своей сложности соответственно равные исходным или превосходящие их. Принципы необратимости эволюции и невозможности полной конвергенции подтверждают бесконечность сложности живых систем, поскольку развитие всякой системы конечной сложности при определенных условиях обратимо и конвергентно. Ограниченность размеров живых систем еще не определяет сама по себе уровня их сложности, поскольку помимо отдельных элементов (число которых, впрочем, также можно сделать сколь угодно большим при соответствующем уровне рассматривания) они содержат в себе также неограниченное количество функций и отношений между элементами, связями, отношениями и т. д. Только параметрическое описание в сочетании с системным подходом может учесть реальную сложность организмов и других живых систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авена М. Н.* Математические методы и вычислительная техника в систематике растений (на примере жимолости). Рига, 1969.
2. *Берг Л. С.* Номогенез или эволюция на основе закономерностей. Пг., 1922.
3. *Бехтерев В. М.* Коллективная рефлексология. Пг., 1921.
4. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системные исследования и общая теория систем.— «Системные исследования. Ежегодник.— 1969». М., 1969.
5. *Богданович В. И.* К определению понятия «системный параметр». — «Системные исследования. Ежегодник.— 1972». М., 1972.
6. *Гродзинский Д. М.* Модели живого и ботаническая бионика. Киев, 1966.
7. *Исаев А. С., Хлебопрос Р. Г.* Принцип стабильности в динамике численности лесных насекомых.— «Доклады АН СССР», 1973, т. 208, № 1.
8. *Когхилл Дж. Э.* Анатомия и проблема поведения. М., 1934.
9. *Лекторский В. А., Садовский В. Н.* О принципах исследования систем (В связи с «общей теорией систем» Л. Берталанфи). — «Вопросы философии», 1960, № 8.
10. *Малиновский А. А.* Теория структур и ее место в системном подходе.— «Системные исследования. Ежегодник — 1970». М., 1970.
11. *Мороз П. Э.* Эволюция биологических параметров к их физическим пределам.— «Закономерности прогрессивной эволюции». Л., 1972.
12. *Пирс Дж.* Символы, сигналы, шумы. Закономерности и процессы передачи информации. М., 1967.
13. *Портнов Г. Я., Уемов А. И.* Исследование зависимостей между системными параметрами с помощью ЭВМ.— «Системные исследования. Ежегодник.— 1971». М., 1972.
14. *Садовский В. Н.* Некоторые принципиальные проблемы построения общей теории систем.— «Системные исследования. Ежегодник — 1971». М., 1972.

15. Садовский В. Н. Парадоксы системного мышления.— «Системные исследования. Ежегодник — 1972». М., 1972.
16. Серебровский А. С. Некоторые проблемы органической эволюции. М., 1973.
17. Сетров М. И. Основы функциональной теории организации. Философский очерк. Л., 1972.
18. Старостин Б. А. Структурные особенности растительного и животного организма. Возможность применения общей теории систем к изучению проблем филогенеза.— «Журнал общей биологии», 1967, т. 30, № 5.
19. Старостин Б. А. Феноменология эволюционирующих комплексов и понятие сложности.— «Доклады МОИП за 1 полугодие 1968. Общая биология». М., 1970.
20. Старостин Б. А. Эволюционное значение механизмов памяти.— «Доклады МОИП за 1 полугодие 1967». М., 1969.
21. Тахтаджян А. Л. Система и филогения цветковых растений. М.—Л., 1966.
22. Шмальгаузен И. Н. Пути и закономерности эволюционного процесса. М.—Л., 1940.
23. Шулейкина К. В. Системная организация пищевого поведения в раннем онтогенезе кошки.— «Успехи физиологических наук», 1970, т. 1, № 2.
24. Шедровицкий Г. П. Проблемы методологии системного исследования. М., 1964.
25. Элтон Ч. Экология нашествий животных и растений. М., 1960.
26. Burt C. The Factorial Study of the Mind.— «Essays in Psychology Dedicated to David Katz». Uppsala, 1951.
27. Ipsen G. Der neue Sprachbegriff.— «Zeitschrift für Deutschkunde», 1932, Jg. 6, H. 1.
28. Katz D. Die Erscheinungsweisen der Farben. Leipzig, 1911.
29. Kuhn Th. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, 1962.
30. Kutschina J. Denkvorgänge bei Affen und Diskontinuität von Naturvorgängen.— «Ideen des exakten Wissens», 1973, N 2.
31. Laszlo E. Some Parameters of the Contemporary Systems Movement.— «The Relevance of General Systems Theory», N. Y., 1972.
32. Schneider H. A. Foreword.— «Defining the Laboratory Animal». Washington, 1971.
33. Vasspeg K. On Organizing of Systems.— «Information Processing machines», vol. II. Prague, 1965.
34. Zwicky F. Morphological Astronomy. Berlin, 1957.

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ И ХАРАКТЕРНОЕ ВРЕМЯ В ГЕОГРАФИИ

А. Д. АРМАНД, В. О. ТАРГУЛЬЯН

Принцип дополнительности в географии

Материальные объекты, естественные и искусственные системы, могут изучаться в разных отношениях, или «проекциях». Для географических объектов обычными «проекциями» являются исследования их состава и структуры, происхождения, функционирования в настоящее время, взаимодействия с окружающей средой и т. д. В каждом из отношений изучается различный набор свойств и переменных. Одной из задач системного подхода, в частности в географии, является построение «конфигуратора» системы (по выражению автора работы [7]) — синтетической картины, объединяющей различные «проекции». Построение конфигулятора заключается в том, чтобы выявить зависимости между переменными, изучаемыми в разных «проекциях».

В географии, однако, имеются серьезные принципиальные ограничения построения объединенной картины любой географической системы. Они связаны с принципом дополнительности в его широком понимании и, в частности, с одним из проявлений его, возникающим из-за временной иерархии систем.

Первоначально принцип был призван интерпретировать явления квантовой механики, впоследствии же Бор стал придавать ему более общее значение: «Цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также и человеческих культур, представляют черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного описания» [3, стр. 42].

Очевидный смысл принципа дополнительности состоит в том, что любое — активное или пассивное — исследование естественных процессов связано с невольным и неизбежным вмешательством в ход процесса, искажающим его естественное течение. С увеличением детальности исследования на каком-то уровне эти искажения становятся существенными и не могут игнорироваться. Дальнейшее повышение точности измерения какой-либо величины может быть достигнуто лишь ценой увеличения ошибки в определении сопряженных параметров.

В. Гейзенберг считал, что «пространственно-временное описание процессов, с одной стороны, и классический закон причинности — с другой, представляют дополнительные, исключающие друг друга черты физических процессов» [4, стр. 51].

Дальнейшие исследования подтвердили общий характер принципа дополнителности и конкретизировали его, например, для биологии [5], для социологии [1] и даже для социальной географии [8].

Физико-географические объекты не составляют исключения из общего правила. Любой метод исследования географических объектов в большей или меньшей степени изменяет в исследуемом объекте его структуру, и (или) вещественный состав, и (или) ход и взаимодействие естественных процессов (функционирование). Может показаться, что простое наблюдение, фотографирование ни в какой мере не затрагивает наблюдаемый объект. Строго говоря, это не так. Для того, чтобы увидеть предмет, мы должны его осветить (или использовать естественное освещение), и воздействие излучения изменяет, вообще говоря, свойства предмета. Поэтому мы вправе лишь говорить, что часто таким воздействием практически можно пренебрегать. Здесь, однако, пойдет речь о тех обычных в географической практике явлениях, которые существенно изменяются в ходе исследования.

Вследствие этого изучение одного и того же объекта (почвенного разреза, экземпляра растения, биоценоза) одновременно двумя или более методами, а также последовательно одним и тем же — и даже разными — методами часто оказывается невозможным. Можно думать, что при достижении некоторого уровня точности принцип дополнителности справедлив для любых сочетаний методов исследований. На уровне географических наблюдений и экспериментов, однако, «возмущающее» воздействие метода на объект очень часто не выходит за пределы потребной точности исследования. Почвенный шурф, выкопанный для изучения строения вещественного состава профиля почвы, в корне нарушает динамику взаимодействия изученного профиля с другими компонентами ландшафта: растительностью, грунтовыми водами и др. Однако, если эти взаимодействия не интересуют исследователя, то вызванные нарушения останутся за пределами «точности» наблюдений и будут отнесены в разряд «несущественных». Другой пример: запасы биомассы и зольность элементов биоценоза в какой-то момент времени могут изучаться с очень большой степенью точности. При этом мы должны взвесить высушенное органическое вещество, т. е. предварительно убить животных и растения, расчленив их и т. д., лишив себя таким образом возможности наблюдать динамику этих показателей при изменении тех же объектов во времени. Но если большой степени точности не требуется, то биомассу и зольность можно определить по косвенным данным без серь-

езных нарушений биоценоза. Можно также для наблюдений во времени пользоваться не одной опытной площадкой, а серией аналогичных, разрушая их последовательно в ходе анализа одну за другой.

Как показывают приведенные примеры, перед географом-исследователем встает проблема дополнительной методов, несовместимых в одном наблюдении или эксперименте. В наиболее явном виде несовместимость проявляется для методов синтеза и методов анализа, методов изучения функционирования и изучения структуры или состава, динамики и статики, методов исследования систем как единых объектов и изучения их путем разложения на части, невозможного без уничтожения взаимосвязи частей.

Несовместимость не носит, по-видимому, такого абсолютного характера, как в квантовой механике, допуская косвенные методы изучения, с помощью которых построение комплексной модели объекта, конфигуратора, остается возможным. Кроме того, совершенствование методов в некоторой степени позволяет уменьшить разрушающее влияние анализа на систему. Например, бурение и зондирование почвы и рыхлых отложений позволяет изучать их свойства, меньше нарушая структуру, чем при проходке шурфов или шахт. Древесный буров дает возможность определить возраст деревьев, плотность древесины и пр., не спиливая деревья целиком. Температурные датчики и спектрометрические методы анализа дают информацию о температуре и химическом составе почв при минимальном нарушении их строения.

Однако полностью несовместимость методов не только не устранима, но и усиливается по мере возникновения потребности во все более специализированной и детальной информации. Точность информации приходит в противоречие с полнотой. Как показано в [8], эти два понятия сами по себе являются дополнительными. Проявляется это ярче всего при моделировании географических явлений. Увеличивая число переменных, вводимых в модель, исследователь получает возможность все более и более точно воспроизвести особенности некоторого природного явления. Но при этом охват явлений, отображаемых моделью, пропорционально сужается, в пределе — до одного уникального события в природе. Упрощение же модели делает ее более универсальной и управляемой, но увеличивает неопределенность получаемых с ее помощью решений, «шум». В терминах теории информации дополнительной парой являются информативность модели и внутренняя энтропия, характеризующая ее «степени свободы», или неопределенность. Исследователь в этом случае подобен линзе, способной сконцентрировать яркий лучок света на очень небольшом пространстве или осветить большую площадь, но с соответственно меньшей интенсивностью.

Характерное время

Существует дополнительность не только между статической и динамической «проекциями» географических феноменов. Дополнительные между собой и сами динамические проекции (модели), если объект рассматривается в разных отношениях ко времени. Такая ситуация возникает в тех случаях, когда ряд процессов с разными характерными временами [6] видоизменяет один материальный объект. Дополнительные, в соответствии с этим, и методы изучения таких процессов.

Под характерным временем (х. в.) процесса или свойства, изменяемого этим процессом, понимается время релаксации (возвращения к равновесию) для саморегулирующихся систем или период одного полного колебания для систем колебательных. Родственными понятиями в физике являются постоянная времени и собственная частота.

Компоненты географической среды, которые по традиции обычно рассматриваются в исследовании как единые объекты: атмосфера, растительный покров, почва и т. д., должны быть для экспериментального изучения расчленены на ряд самостоятельных объектов, отличающихся характерными временами изменяющих их процессов (см. таблицу). Так, время экзогенного разрушения форм рельефа различного масштаба и с различной сопротивляемостью внешним агентам варьирует от десятков миллионов лет для горных систем до дней и даже часов для песчаных волн ветровой ряби. На сложный комплекс процессов с разными характерными временами распадается почвообразование. Температура и влажность почвы изменяются в суточных, сезонных и многолетних циклах. Изменение реакции почвенной среды, мощности и других свойств органогенных горизонтов, запаса органогенных веществ в профиле происходит с характерным временем 10^0 — 10^2 лет. При образовании дифференцированного по морфологии и химизму почвенного профиля близкое к равновесию состояние наступает за 10^3 — 10^4 лет, при образовании зрелого минералогического профиля почвы — за 10^4 — 10^6 лет.

Для групп процессов с разными характерными временами применяются различные исследовательские подходы. Они складываются из различной методики наблюдений и соответствующей им методики обработки данных. Короткопериодические явления могут изучаться стационарными наблюдениями, более медленные — с помощью сравнительно-географического и палеогеографических методов.

В тех случаях, когда существует сильная зависимость изучаемых природных процессов от других, «управляющих» процессов, на выбор методики исследования влияет не столько характерное время объекта изучения, сколько периодичность изменения «управляющего» фактора. Для географической обо-

лочки Земли очень сильными «управляющими» процессами являются вращение планеты вокруг своей оси и обращение ее вокруг Солнца. В связи с этим многие метеоклиматические, биологические, почвенные и др. явления изучаются в режиме суточных и сезонных колебаний.

Зависимость между природными явлениями может сказываться и в том, что мгновенное состояние некоторого параметра в той или иной степени отражает сразу несколько наложенных друг на друга процессов с разными характерными временами. Таким параметром, например, является плотность почвы на заданной глубине, которая зависит от минералогического состава почвы (х. в. $\sim 10^5$ лет), от структурного, морфологического и химического профиля почвы (х. в. $\sim 10^3$ лет), от корней растений и почвенной фауны (х. в. $\sim 10^0$ — 10^4 лет), от влажности (х. в. $\sim 10^{-2}$ лет). В графическом изображении такая переменная представляет собой построенную на оси времени кривую, ордината которой является алгебраической суммой ординат составляющих кривых, отвечающих каждому элементарному процессу. Относительный вес факторов, управляющих изучаемым явлением, может быть установлен с помощью гармонического анализа, если существует достаточный ряд временных наблюдений, или корреляционно-регрессионным анализом для неупорядоченных совокупностей данных.

Представляется довольно очевидным, что при динамическом моделировании комплексных физико-географических систем основным принципом отбора элементов, относящихся к разным компонентам (почвы, растительность, рельеф, антропогенные воздействия и пр.), должен быть принцип близких характерных времен. Иначе говоря, система должна строиться на одном временном уровне, что следует из дополнительности процессов с разными характерными временами. Действительно, в общем случае результаты исследований процессов с большим х. в. не содержат информации о процессах с малым х. в. Знание вековых колебаний климата мало поможет в прогнозе погоды на конкретный день. Для высокоорганизованных саморегулируемых (биологических) систем это правило, по-видимому, справедливо и в обратном направлении — от процессов с малым х. в. к процессам с большим х. в. Для менее организованных — биокосных и абиотических — систем процессы с большим х. в. можно рассматривать как накопление остаточных явлений от процессов с более коротким х. в. Так, в климатических условиях, переходных между гумидными и аридными со сменой сезонов может неоднократно меняться направление миграции почвенных растворов — то вниз, то вверх. Однако, если существует хотя бы незначительное преобладание одного из них, то в многолетнем итоге это приведет к формированию профиля, характерного для восходящего или нисходящего режима движения растворов. Таким образом, наблюдения над явлениями с малым х. в. в прин-

ципе содержит некоторую (неполную) информацию о явлениях с большим х. в. Эта информация в общем случае относительно мала, поэтому дифференциальные уравнения, описывающие процессы, которые сильно различаются по скорости, обычно не сводятся в систему. При необходимости промоделировать систему, включающую подсистемы с разными характерными временами, приходится удовлетворяться половинчатым решением. Проводится математическое описание группы процессов для одного временного уровня, более «медленные» переменные вводятся в систему в форме констант, а более «быстрые» учитываются как «шум», вызывающий случайные отклонения от закономерности.

Дополнительность разных временных уровней ни в какой мере не означает, что между соответствующими явлениями отсутствуют или ослаблены физические связи. Это подтвердил опыт выявления плотности связи между элементами таежной геосистемы методом информационного анализа [2]. Связи оказались примерно равными между показателями одного и разных временных уровней. Плотность связи, выраженная в битах, между покрытием каждого из 66 видов учтенных лесных трав (х. в. $\sim 10^1$ лет) и общим покрытием травяного покрова (х. в. $\sim 10^4$ лет) составила в среднем 0,21. Связь того же набора трав с другими показателями в среднем равна: с глубиной грунтовых вод (х. в. $\sim 10^{-1}$ лет) — 0,19, сомкнутостью древесных крон (х. в. $\sim 10^2$ лет) — 0,17, с мощностью горизонта A_2 в профиле почвы (х. в. $\sim 10^3$ лет) — 0,17, с уклонами рельефа (х. в. $\sim 10^4$ — 10^5 лет) — 0,18. Таким образом, при построении статической модели, отражающей структуру системы, нет необходимости придерживаться одного временного уровня переменных.

Но если различия в характерных временах не сказываются на плотности связей, то для направления связей они существенны. Между системами разных временных уровней преобладают однонаправленные связи от более «медленных» систем к более быстрым (по величине х. в.). Это легко понять, так как при наличии зависимости между двумя явлениями более лабильное явление имеет возможность приспосабливаться к более инертному, но не наоборот. Изменения погоды в пределах суток не влияют на состав леса, лесные травы более подчинены древесной растительности, чем, наоборот, сезонные колебания влажности и температуры почвы в значительной степени контролируются строением почвенного профиля. На соотношении характерных времен, следовательно, может быть построена иерархия природных систем.

Внутри систем одного уровня сильнее должны быть развиты обратные связи. Это следует из того, что близкие характерные времена в большей степени допускают взаимовлияние элементов. Однако обратные связи не исключены и между системами, относящимися к разным уровням. Такой тип взаимодействия

возникает в тех случаях, когда более быстрый член пары под влиянием более медленного стабилизируется в узком диапазоне колебаний, локализуется в пространстве и таким образом приобретает устойчивость по времени. При этих условиях «управляемый» быстрый элемент может оказывать существенное влияние на «управляющий» медленный. Таким образом, например, фитотенор ограничивает микроклиматические колебания атмосферы, заключенной среди растительности. В результате микроклимат направленно меняется по мере развития сообщества и в свою очередь оказывает на него преобразующее воздействие. Аналогичным образом подзолистые суглинистые почвы могут вызывать регулярное возникновение над горизонтом В сезонной верховодки — явления в целом несравненно более короткоживущего, чем почвенный профиль. Но «управляемая» строением почвенного профиля верховодка приводит к появлению террического оглеения, сегрегации соединений железа, образованию ортштейнов, отбелению минеральной массы вмещающего верховодку горизонта.

Современная физическая география располагает совершенно недостаточной информацией о характерных временах природных процессов, особенно в диапазоне от 10^2 лет и более. Между тем переход к динамическому моделированию требует быстрого заполнения этого пробела. Знание характерных времен процессов позволяет устанавливать их соподчиненность, интерпретировать признаки, наблюдаемые в физико-географических объектах, явлениях и процессах, с точки зрения их зрелости (близости к состоянию равновесия) и их интенсивности.

Характерным временем определяется, насколько быстро восстанавливается нарушенный климаксный ландшафт. Время восстановления зависит от того, какие из наиболее консервативных элементов подверглись изменению, а также от того, насколько глубоки изменения. При значительных искусственных нарушениях ландшафта говорят о «переходе предела устойчивости» и «необратимых изменениях». Нередко за необратимые изменения принимают изменения элементов ландшафта с большим x . в. Такие изменения не могут быть строго отнесены к необратимым. Через длительное время, равное x . в. данных элементов, эти элементы, а с ними и весь ландшафт, вернутся в прежнее устойчивое состояние, если, конечно, нарушения не продолжаются.

Действительно необратимые изменения возможны лишь при наличии нескольких устойчивых состояний геосистемы, когда изменение ее элементов приводит к переходу системы в другое устойчивое состояние. Это наблюдается, например, в пограничных условиях существования лесной растительности (лесотундра, лесостепь, граница леса и безлесного болота).

Одним из возможных полей приложения вводимого понятия характерного времени является классификационная проблема в географии. Возможно, что многие противоречия, возникающие

Таблица

Ориентировочная шкала характерных времен некоторых природных явлений

х. в., лет	Литосфера	Атмосфера	Педосфера	Биосфера	Гидросфера	Электромагнитное поле
10^8	Геологические циклы	Климатические колебания, сопряженные с геологическими периодами				
10^7	Горные системы		Минералогический профиль почвы			
10^6	Структурные формы рельефа					
10^5	Ледниковые, аллювиальные и др. аккумулятивные формы рельефа	Климатические колебания в пределах ледникового периода				
10^4			Дифференцированный по морфологии и химизму профиль почвы		Химический состав озерных вод	
10^3		Климатические колебания в пределах исторического периода			Покровный ледник (взаимодействие с атмосферой)	
10^2		90-летний климатический цикл	Биологический круговорот в почве, горизонты A_0 , A_1	Древесный ярус растительности Лишайниковый ярус	Горный ледник	
10^1		Декадные климатические колебания (солнечный цикл)	Карбонатный профиль почвы	Травяной ярус Популяция мышевидных грызунов	Эвтрофикация озер	11-летний цикл солнечной активности
10^0		Сезонный метеорологический цикл	Профиль растворенных веществ, pH	Популяция насекомых	Снежный покров	
10^{-1} месяц	Микроформы рельефа в песке, снегу, пыли		Гидрологический и температурный профиль почвы		Грунтовые воды, уровень, химический состав	
10^{-2} день		Циклоны. Суточный метеорологический цикл		Микрободенозы Суточные биоциклы	Приливы (суточный цикл)	
10^{-3}			Влажность и температура поверхностных горизонтов почвы		Угасание волнения в морях	
10^{-4} час		Внутрисуточные колебания погоды			Выравнивание уровня мелких водоемов	
10^{-5} мин		Минутные колебания погоды				
10^{-6}						
10^{-7} сек						
10^{-22}						Фотосинтетически активная радиация

Системные исследования

при классифицировании географических объектов: ландшафтов, почв, растительного покрова, рельефа, будут сняты, если классификационные признаки упорядочивать, располагая в соответствии с убыванием характерного времени. Оптимальным является построение иерархической классификации, в которой на высших таксономических уровнях делящими будут признаки с наибольшим характерным временем.

Существование потребности в разделении географических систем по длительности характерных времен привело к предложению о введении набора стандартных временных масштабов, т. н. Т-масштабов, в отличие от пространственных G-масштабов [9]. Эта шкала в основном использована в таблице.

Общий вывод: по мере развития техники и методики изучения и моделирования географических систем все отчетливее выявляются ограничения, связанные с дополнительностью природных явлений, в определенном смысле аналогичной дополненности, провозглашенной Н. Бором и В. Гейзенбергом для явлений квантового уровня в физике. Частным проявлением этой аналогии можно считать дополнительность временных уровней географических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев И. С., Бородкин Ф. М. Принцип дополнительности в социологии.— Сб. «Социология и математика. Моделирование социальных процессов». М., 1970.
2. Арманд А. Д. Использование теории информации для моделирования природных систем.— «Докл. Ин-та геогр. Сиб. и Д. В.» № 34, Иркутск, 1972.
3. Бор Н. Квантовая физика и философия.— «Успехи физ. наук», 1959, т. 67, вып. 1.
4. Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. Л.— М., 1932.
5. Депенчук И. Г. Современная биология и некоторые идеи физики.— Сб. «Методологические вопросы современной биологии». Киев, 1970.
6. Кулагина О. С., Ляпунов А. А. К вопросу о моделировании эволюционного процесса.— «Проблемы кибернетики», вып. 16, М., 1966.
7. О способах представления объектов как систем. Тезисы докладов симпозиума «Логика научного исследования» и семинара логиков. К., 1962.
8. Marchand B. Information theory and geography.— «Geographical Analysis», 1972, vol. 4, N 3.
9. Sugden D., Hamilton P. Scale, systems and regional geography.— «Area», 1971, N 3.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

ЭТАПЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СИСТЕМНОСТИ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ (АНТИЧНОСТЬ И НОВОЕ ВРЕМЯ)

А. П. ОГУРЦОВ

Системность — одна из важнейших характеристик научного знания. В противовес обиходному сознанию научное знание всегда систематично. Вопрос, следовательно, заключается не в том, является ли научное знание системным образованием, а в том, как понималась эта системность на разных этапах развития научного и философского знания, каковы исторически обусловленные формы интерпретации системности научного знания.

При такой постановке проблемы предметом изучения будет, естественно, не структура самой науки, а те философские и логико-методологические представления о системности научного знания, которые нашли выражение в истории философского изучения науки, в процессе постижения структуры научного знания. Иными словами, материалом для нашей статьи служат различные формы рефлексии о науке, которые развиты философами, логиками и самими учеными.

Системным представлениям о науке свойственны несколько аспектов. Во-первых, системность научного знания может анализироваться под углом зрения системности понятий, развитых в той или иной теории. Это гносеологический аспект системности научного знания. Во-вторых, системность научного знания может рассматриваться под углом зрения некоторой системной модели предмета исследования — онтологический аспект. В-третьих, системные представления о науке могут получить методологическую форму. В этом случае речь идет об определенных нормах построения систем теоретического знания.

На каждом из исторических этапов в интерпретации системности научного знания все эти три подхода выступают в единстве. Однако следует отметить, что один из этих способов рассмотрения в определенный период становится главенствующим.

щим. Так, для античных представлений о системности характерен примат онтологического рассмотрения и обоснования знания. Первый этап в интерпретации знания — нерасчлененные представления античной мысли, где онтология и гносеология неразрывно связаны, где системность бытия обуславливает системность знания.

Для философии Нового времени характерно расчленение онтологического и гносеологического анализа. Второй этап в системных представлениях о науке связан с осознанием целостности самой природы и научного знания. На этом этапе возникает способ мысли, основывающийся на понятиях «вещь», «свойство», «класс свойств», «субстанция». Наряду с «системной онтологией», с анализом природы как системного образования философии Нового времени свойственна и «системная гносеология», в которой фиксируется упорядоченность научных понятий. Наконец, на рубеже XIX—XX вв. возникает новый способ анализа системности научного знания, при котором упор делается на методы конструирования теоретических систем¹.

Античные представления о системности бытия и знания

Слово «*sýstema*», как известно, греческого происхождения. Круг его значений в греческом языке весьма обширен: сочетание, организм, устройство, организация, союз, строй, руководящий орган. Однокоренное с ним слово «*systasis*» еще более многозначно: составление, сочетание, укрепление, строительство, организация, столкновение, возникновение, сгущение и т. д. Оба эти слова производны от глагола «*synistemi*»: «ставить вместе», «приводить в порядок», «ставить в боевой порядок», «составлять», «учреждать», «основывать», «соединять» и т. д. [17].

Семантика слов естественного языка формируется в ходе развития различных форм человеческой деятельности, и прежде всего непосредственно обиходной практической деятельности и стихийно складывающегося обыденного сознания. Смысловые структуры естественного языка обусловлены активным отношением к окружающему миру. Они инструментальны по своему генезису, ибо зависят от исторической формы социальной и культурной активности человека.

Слово «*sýstema*», подобно многим понятиям (например, понятию космоса, элемента), также выражает определенные акты деятельности и их результаты («нечто, поставленное вместе», «нечто, приведенное в порядок»). Первоначально его значение было связано с формами социально-исторического бытия. Лишь

¹ Хотелось бы обратить внимание на работу советского математика Г. Грузинцева, который отметил сдвиг в представлениях науки, произошедший в XX в., от таких идей, как класс, свойство и понятие, к системной точке зрения, точности и фиксации отношений между предметами [14].

позднее принцип порядка, идея упорядочивания переносится на Вселенную. Это обстоятельство отмечается рядом исследователей античности, в частности А. Ф. Лосевым [28, стр. 377].

Перенос значения слова с одного объекта на другой, с социально-исторических форм на естественное бытие и вместе с тем превращение слова в обобщенное понятие совершается поэтапно. Одним из важных этапов этого процесса является метафоризация. Метафорическое употребление слова означает распространение изначального его смысла на объекты, ранее не рассматриваемые под этим углом зрения. При метафоризации прежнее значение слова, которое относилось к какому-то одному референту, расширяется, отражает два референта, два объекта, выраженные в значении этого слова².

Метафоризация слова «система» была начата Демокритом. Следует отметить, что атомистика Демокрита внутренне связана с его филологическими изысканиями. Образование сложных тел из атомов он уподобляет образованию слов из слогов и слогов из букв. Для него как буква, так и атом суть неделимые элементы — *stoicheion*. Сравнение неделимых форм — элементов с буквами — отнюдь не метафора и не поэтический образ. Это один из первых этапов формирования научно-философского понятия, обладающего обобщенным универсальным значением^{2а}. Ряд советских исследователей античности (например, Г. К. Баммель) обратили внимание на то, что филологические исследования Демокрита были тесно связаны с музыкальным, «мусическим» характером греческой культуры языка [19, стр. 336]. Действительно, исходным значением при метафоризации слова «система» явилось его филолого-грамматическое значение. Уже в самом способе метафоризации выражаются те музыкально-речевые, грамматико-лингвистические интуиции, которыми пронизаны не только филологические изыскания и атомистика Демокрита, но и вся античная философия. Истоки многих понятий древнегреческой философии заключены в мусическом характере

² Многие современные историки науки (М. Джеммер, М. Хессе и др.) указывают на большую эвристическую ценность метафоризации при анализе развития научных понятий (например, понятия «сила»). Д. Бергрен превращает метафору в метод изучения эволюции научных понятий [36], [50].

^{2а} Г. Дильс, анализируя эволюцию понятия «элемент» в античной философии, выявляет переход от грамматически-акустического его значения у Демокрита к космолого-физическому обобщению содержания этого понятия у Платона и Аристотеля и затем к восстановлению исходного грамматического значения в работах Аристоксена, Лукреция и Цицерона. Намеченная Г. Дильсом [54] линия анализа семантических метаморфоз понятия «элемент» может быть, по нашему мнению, использована при осмыслении эволюции понятия «система» в античной философии, хотя столь же филологически основательные исследования по эволюции понятия «система» еще до сих пор не предприняты [68], [71]. Между тем изучение изменений, которые происходят в семантических полях тех или иных понятий, раскрытие за внешней, функциональной формой слова его внутренней, генетико-этимологической формы является важным подспорьем историко-философского и историко-научного анализа. Конечно, при этом нельзя абсолютизировать роль историко-семантических изысканий, как это делают М. Хайдеггер и Ф. Кайнц [59], [61].

греческой культуры. Музыкально-речевые интуиции воплощаются и в проводимой Демокритом аналогии между буквой и атомом, и в заимствовании из лингвистики общей схемы расчленения, применяемой им при анализе различного рода объектов. Эта схема может быть представлена как иерархия элемента, комплекса и системы. По словам Демокрита, речь состоит из имен, имя — из слогов или комплексов, комплексы — из букв или неделимых элементов. Этой же схеме подчинен музыкальный речитатив — вычленяются системы (октавы), интервалы и тона; ритм, где вычленяются системы (в данном случае фигуры — дактили, трахеи), слоги и буквы. Объекты физического мира также анализируются, исходя из этой схемы. Так, огонь, воздух, вода и земля, по словам Демокрита, суть соединения (системы) некоторых атомов [19, стр. 66]. В античной философии понятие «система» использовалось прежде всего для характеристики упорядоченности бытия, для описания того, что мир не есть хаос, а обладает внутренним порядком, собственной организацией и структурой. Такое понимание бытия выражено в представлении о нем как о космосе, как о некоем структурно расчленном целом.

На следующем этапе происходит универсализация значения слова, наделение его высшим обобщенным смыслом, что позволяет применять его и к физическим, и к искусственным объектам. Универсализация может осуществляться двояко — или в процессе мифотворчества, т. е. построении мифа на основе метафоры, или же путем воссоздания философско-рациональной картины мироздания и человеческой культуры, т. е. трансформирования и развертывания метафоры в философской системе. Первое характерно для Платона, второе — для Аристотеля.

Согласно Платону, задача философии состоит в интегративной форме выражения интегративности мироздания и человеческого бытия. Такое философское построение предполагает осмысление сложной расчлененности бытия и знания. Оно не только фиксирует единство бытия и знания, но и раскрывает упорядоченность бытия на различных уровнях, конкретизируя и развертывая ее в некоторое богатство определений, которые характеризуют и мир, и жизнесозерцание. Но при всей сложной расчлененности бытия и знания она зиждется на некоторых общих основаниях. В интерпретации этих оснований обнаруживается специфический «мусический» характер интуиций Платона. Как известно, он исходит из иной, чем Демокрит, традиции, а именно пифагорейской математически-музыкальной космологии. Поэтому у него система трактуется как числовое сочетание, а число понимается как «модель-регулятор всего бытия» [28, стр. 326].

Платон строит космологию, подчиняющуюся определенным музыкально-числовым сочетаниям. Гармония, понятая как числовое сочетание, присуща, согласно Платону, не только космо-

су, но и добродетелям человека, его душе, речи, государству. Философия, по его характеристике, есть наисовершеннейшая музыка. Космология Платона, его представления о структурной расчлененности бытия коренятся в музыкальном учении о гармоническом числовом сочетании, а сама гармония трактуется как мера. Представление о системе, опирающееся на идею меры, оказывается нормой для всех остальных форм знания.

Мысль о системности бытия разворачивается у Платона не в рассудочно-дискурсивных понятиях, а в некотором множестве интуиций, характеризующих упорядоченность бытия, его организованность в числовых пропорциях. Употребление Платоном слова «система» менее всего базируется на концептуальных дистинкциях. Его мышление интуитивно и постоянно обращается к смысловым моделям, имеющим наглядно-вещественный и телесный, но вместе с тем идеально-математический лик³. Слово «система» не имеет у Платона еще однозначного понятийного смысла. В тех местах его диалогов, где оно употребляется, речь идет о союзе государств и возникающем на его основе едином и согласованном образе мыслей [37, стр. 156], о числовом сочетании или гармоническом единстве, имеющем сходство с кругообращением звезд [38, стр. 502]. В них ясно выражены музыкальные и арифметические истоки интерпретации Платоном системности бытия.

О том, что интуиции Платона не обрели еще понятийного, дискурсивного характера, свидетельствует не только редкость употребления слова «система», но и многозначность употребляемого им однокоренного слова «*systasis*»⁴.

Космология Платона, его понимание упорядоченности бытия завершается в его телеологии. Основанием чувственного бытия является мир идей, а вершиной мира идей — идея добра, благого и справедливого. Посредствующим звеном между чувственным миром и миром идей выступают математические структуры, мир чисел. Принципом системности бытия оказывается телеоло-

³ Эта особенность философии Платона перенесена М. Хайдеггером на все античное мышление, которое, по его словам, «вообще не знало понятий» [59, S. 123]. В интерпретации Хайдеггера лишь в послеаристотелевский период «мышление стремится конструировать окончательный ответ с помощью понятий», что позволило философам эпохи эллинизма встать на путь систематического и системосозидающего знания, выражаемого в совокупности понятий. «Греческому же мышлению понятие «система» чуждо» — таково мнение Хайдеггера [op. cit]. Дальнейшим историко-философским анализом мы покажем несостоятельность этого утверждения.

⁴ Помню того что Платон удерживает значение этого слова, присущее естественному языку и обиходному сознанию, когда говорит о каменщиках, начинающих строительство (Законы IX, 858b), он употребляет его для характеристики строительства государства (Законы II, 702d), для обозначения сочетания ума и необходимости (Тимей 48a, 82b), соединения души и тела (Послезаконие 981a), единого и неделимого (Тимей 36d), составленности всего существа из треугольников (Тимей 81b), природы всех существ (Филеб 29b), государства (Государство VIII, 546a, Законы VI, 782a), души (Законы VII, 812c), для описания связанности речи (Федр 268d), доказательства (Государство V, 457e). Об употреблении этого слова в диалогах Платона см. [49].

гия, но это высшее начало не трансцендентно, а имманентно бытию.

Эта линия телеологического обоснования системности бытия в еще большей мере проводится Аристотелем. Позитивный характер мышления Аристотеля обнаруживается не только в стремлении тщательно описать все известные ему формы животных, их строение и поведение (например, в работе «Об истории животных»), типы греческой государственности («Афинская полития»), формы силлогизмов («Аналитики»), но и в постоянных попытках зафиксировать определенное значение того или иного понятия, выявить различные точки зрения на то или иное явление.

Подобная ориентация могла возникнуть после той глубочайшей метаморфозы в греческом мышлении, которая произошла под воздействием софистов⁵. Созданная ими атмосфера культа слова, небывалый интерес к риторике, семантике и синтаксическим структурам речи привели к тому, что в античной мысли осознается важность выдвижения некоторых формальных правил оперирования терминами, необходимость ограничения многозначности употребляемых слов. Продолжая эту линию, Аристотель осуществляет один из первых вариантов формализации приемов риторики, а тем самым и научного языка и способов логического употребления научного рассуждения.

Поэтому для Аристотеля уже нехарактерно столь многозначное употребление терминов «система» и «систазис», как для Платона⁶. Стагирит использует это понятие (не метафору, не интуицию, а именно понятие) для описания свойств естественных объектов, которые образуют нечто целостное и части которого связаны между собой таким образом, что характеризуются некоторым порядком. С помощью этих понятий Аристотель характеризует целостность организма, соединение в нем различных частей (однородных по природе, различающихся по своим функциям и т. д.).

Однако в отличие от софистов, которым присуще стремление к деонтологизации философии, Аристотель предлагает свой вариант учения о бытии и знании. Причем учение Аристотеля о знании основывается на его онтологии.

⁵ Советские исследователи отмечали, что софистов совершенно не занимала онтологическая проблематика. Их интерес сосредотачивается на мысли, заключенной в слове. Б. С. Чернышев писал: «В качестве воспитателей они поставили своей задачей культу слова и мысли как таковых. Отсюда вытекает формализм их приемов мышления, хотя они и не сознавали эту их сторону. Они были логиками не столько в теории, сколько в практике... Софистика неразрывно связана с риторикой: они переливаются друг в друга» [45, стр. 148, 153]. Культ слова у софистов отмечает и А. Ф. Лосев [28, стр. 29].

⁶ Эти термины употребляются в следующих работах Аристотеля: Категории 8, 9б, 18, 22; Физика 8,199 б5; О частях животных 246 а20,655 а37,677 а19,677 а28; Об истории животных 527 а23,590а 2—9; О возникновении животных 731 б13,744 б28,746 б35,757 а17,761 б26,762 а28,762 б19,763 а14. Более подробно описание всех мест, где Аристотель употребляет эти термины, см.: [53].

И мир физических предметов, и мир искусственных объектов трактуются Аристотелем под углом зрения их целесообразности, с точки зрения конечных целей. Он проводит определенные параллели между произведениями природы и произведениями искусства, понимая под последними мир искусственных вещей вообще, т. е. мир искусства в нашем смысле слова и мир произведений техники, ремесла. Родство между творениями природы и искусства заключается в том, что и те, и другие возникают ради какой-то цели, «ради чего-нибудь».

У Аристотеля основанием физики являются не математические структуры, а иерархическое отношение субординации. Такая трактовка телеологического принципа накладывает существенный отпечаток на его трактовку системности бытия. Подчеркивая значение сущности или имманентной цели для описания эмпирических характеристик тела, он интерпретирует системность бытия как развертывание субстанцией своих частных форм, т. е. строит метафизику субстанциальных форм. Э. Кассирер, отметив, что присущее философии Платона единство телеологического и математического способов рассмотрения распадается у Аристотеля, подчеркнул: «Абстрактным фундаментом физики остается, таким образом, телеология, учение о конечных причинах. Внешние явления и их количественная закономерность отражают динамический процесс, в силу которого сохраняются и развиваются абсолютные субстанции. Эмпирически-физические действия тел вытекают в последнем основании из понятия их сущности, из имманентной цели, которая поставлена им их природой и которую они должны постепенно исполнить» [21, стр. 179].

Итак, можно вычленил следующие наиболее важные особенности тех представлений о системности бытия, которые были развиты в античности. Во-первых, понятие «система» характеризует упорядоченность бытия и поэтому тесно связано с такими понятиями, как «космос», «мера», «сущность». Во-вторых, принцип упорядоченности всего бытия возникает в результате переноса принципов организации человеческого общества, государства и других созданных человеком образований на Вселенную. В-третьих, представления о системной упорядоченности бытия в античности находятся в рамках телеологического способа мысли. В-четвертых, в противоположность средневековой мысли телеология, будучи системообразующим принципом, является имманентной, а не потусторонней бытию.

С онтологическими представлениями о системности бытия связана и трактовка системности знания в античности. Необходимо сразу же подчеркнуть, что осмысление системной организации знания стало возможным лишь тогда, когда знание начало пониматься как объективно-мыслительное образование, которое обладает своими внутренними законами становления, функционирования и изменения. Лишь по мере развития антич-

ной философии и науки создается возможность рассмотрения знания как объективного, надличностного образования, возможность перехода от антрополого-психологического истолкования его к гносеологической интерпретации. На первых же этапах античной философии рациональное знание трактуется как одна из способностей души, как одна из добродетелей человека, как форма нравственного руководства и жизненного существования. Для первых философов античности анализ знания всегда предполагал обращение к личности мудреца, который, будучи единым с самим бытием, раскрывал его фундаментальные характеристики и указывал нравственный образец поведения. Реминисценции подобных представлений о знании, в основе которых лежит обращение к личности, субъекту познания, можно обнаружить и в учении Платона о знании как припоминании, и в понимании Аристотелем науки как приобретенной способности души к доказательствам.

Это специфический взгляд на способ существования знания, который укореняется в личности познающего, находит свое выражение и в интерпретации античной мыслью предмета некоторых научных дисциплин. Так, оптика для греческих мыслителей была не физической наукой об объективных явлениях, а наукой о зрении. Свет понимался ими не объективно-механически, а субъективно, что, конечно, было обусловлено отсутствием оптических приборов, но в не меньшей степени и трактовкой знания в античности. С. И. Вавилов писал об этой особенности античной науки: «Оптика в точном греческом значении слова была наукой о зрении. Ее задача состояла прежде всего в объяснении наиболее загадочного для древнего человека факта возникновения в глазу изображения, подобного окружающим предметам... Изображения вне глаза научились получать, по-видимому, только в XV в., в камер-обскуре (Леонардо да Винчи)» [8, стр. 36] [69].

Естественно, что подобная трактовка знания, укореняющая его в личности познающего, в личности учителя, не позволяет даже поставить вопрос об объективной организованности результатов познавательного процесса. Для того чтобы выявить системную упорядоченность знания, проникнуть в его объективно-мыслительную структуру, необходимо было освободиться от укоренения его в личности познающего и понять знание как автономное образование, обладающее своей собственной жизнью, специфическими формами изложения и трансляции. Иными словами, уяснение надличностных форм существования знания сделало возможным и осмысление его системной организации.

Эта линия проявилась впервые у Платона, который, поняв знание как надличностный мир идей, построил первую объективно-идеалистическую трактовку знания. Вместе с этим Платон, критически осмыслив основные понятия и положения, развитые современной ему наукой, дает их классификацию, вырабаты-

вает аналитический научный метод, формы научного доказательства. Тем самым были созданы возможности и предпосылки для систематического изложения всех элементов такой научной дисциплины, как математика, для сведения ее понятий в одно целое и построения прочного фундамента для дальнейшего ее развития. Известно, что ученики Платона — Леон, Фейдий из Магнесия, Феэтет — были создателями первых учебников по элементарной математике. И. Л. Гейберг так охарактеризовал значение Платона для формирования систематических изложений математики: «Прежде всего можно с уверенностью сказать, что его логическая выучка в значительной мере содействовала тому, чтобы придать систематическому построению элементарной математики ту точность и логическую тонкость, которые затем навсегда стали его отличительной чертой; тем, что вся система развивается без малейших пробелов из определений и немногих предпосылок, она, без сомнения, обязана Платону» [9, стр. 37].

Важная роль принадлежит Платону и в формировании такого систематического изложения геометрии, как «Начала» Евклида. Историк математики Г. Фаццари писал о Платоне: «Главной же его заслугой является то, что он превратил интуитивную логику первых геометров в метод строгий и научный. В самом деле, начиная с него, появляются точные определения геометрических терминов, встречающихся у Евклида, и ясное различие постулатов от аксиом» [43, стр. 54].

В еще большей мере объективность знания осознается Аристотелем. Отрицая онтологическую реальность всеобщих понятий, критикуя идеализм Платона, он подчеркивает автономность знания, его нетождественность бытию. Концептуалистский подход к отношению знания и бытия позволяет ему осмыслить суверенность разума, понять научное знание как системное образование, построить первый вариант классического образа науки [35]. Согласно Аристотелю, наука имеет дело со всеобщим, необходимым, анализирует сущность. Характеризуя специфический способ организации научного знания, он строит концепцию науки на базе предшествующих логических исследований, рассматривает структуру научного знания в соответствии с аксиоматическим построением, вычленив недоказуемые аксиомы и доказываемые заключения. По его словам, доказывающая наука основывается «на положениях истинных, первичных, непосредственных, более известных и предшествующих доказываемому, и на причинах, в силу которых выводится заключение» [2, стр. 182]. Именно благодаря концептуализму он смог понять научное знание как доказывающее, тождественное силлогизму, выявить логическую структуру знания, раскрыть целостность научных образований.

Для описания целостности искусственных, созданных человеком образований, в античной философии употребляется специфический круг терминов: «синтагма» — для выражения упо-

рядоченной, систематической связи, «синтазис» — для выражения процесса такого связывания, соединения. В отличие от термина «система», употреблявшегося для характеристики целостности и типа организации естественных объектов, термин «синтагма» используется при осмыслении целостности и организации продуктов человеческой деятельности. Если вначале термины «синтагма» и «синтазис» характеризуют человеческие установления преимущественно законодательного порядка, то начиная с Аристотеля, их используют для описания систематической связи рассуждений и высказываний⁷.

В еще большей мере эта трактовка присуща философии стоиков и Эпикуру [46, стр. 527]. Но в отличие от Аристотеля, концепция науки которого базировалась на определенной онтологической картине мира и подчеркивала наличие родо-видовых отношений в самой реальности, стоики резко обособили логику от физики, онтологию от логики. Усатривая предмет логики в изучении словесного выражения — высказывания, они сделали акцент на логико-технической стороне дела [48]. Наука рассматривается ими как «техне», как искусство, возникающее из опыта благодаря упражнению и образующее собой систему понятий, выраженных словесно. Стоики обратили преимущественное внимание на способы систематического изложения научных истин, став, по словам К. Маркса, «главными основателями формальной логики и систематики вообще» [30, стр. 125].

Итак, в античной философии термин «система» характеризовал упорядоченность и целостность естественных объектов, термин же «синтагма» — упорядоченность и целостность искусственных объектов, прежде всего продуктов познавательной деятельности. Такое размежевание терминов обусловлено, в частности, постепенным осознанием в античной философии того обстоятельства, что способы систематического изложения результатов познания (в устной речи, а тем более в письменных трактатах) не совпадают с принципами организации бытия. Для понимания системности знания в античной философии большое значение имеет ее ориентация на ту форму изложения, которую приобрела геометрия после Евклида. Аксиоматический метод изложения воспринимается в античности как образец системного изложения научных истин.

⁷ У Платона эти термины используются для характеристики законодательных установлений (Законы V, 747a), состояний государства (Государство V, 462c), для описания порядка и строя знания, соответствующего полису и космосу (Тимей 24 c), гармонии и согласованности души в обладании искусством (Государство IX, 591 d). Аристотель, сохраняя значение этих терминов при описании законоположений, системы законодательства, государственного строя (Политика 1265 b 26, 1271 b 2, 1297 b 19, 1290 a 22, 1322 a 36, 1325 a 3), начинает использовать их и для выражения целостности рассуждения, логического доказательства, соединения форм словесного выражения. Этот оттенок сохранился в термине современной лингвистики, где под «синтагмой» понимается соединение двух или нескольких знаков, образующих комплекс в слове, в обороте, в члене предложения или в целом (см. [34, стр. 267]).

Общая линия в трактовке знания в античности может быть представлена как переход от укоренения его в личности познающего к осмыслению его объективно-мыслительной структуры, затем к концептуалистскому размежеванию знания и бытия, принципов организации знания и бытия и, наконец, к выявлению логико-технических норм и методов образования систем высказываний.

Не касаясь вопроса о трактовке системности знания в средневековой философии, отметим лишь, что для выражения интегративности познавательных образований здесь использовался новый круг терминов («сумма», «дисциплина», «доктрина»). Обратим внимание и на то, что некоторые из мыслителей не только раннего средневековья, но даже и Нового времени используют термин «синтагма» для обозначения систематичности изложения. В этом отношении показательны названия книг К. Птолемея «Математический синтаксис (трактат.— А. О.) астрономии в XIII книгах» и французского философа XVII в. П. Гассенди «Система философии» (*Syntagma philosophicum*) и «Свод философии Эпикура» (*Philosophiae Epicuri Syntagma*).

Системные представления в онтологии Нового времени

Философия Нового времени с самого начала выступила с резкой критикой телеологического объяснения природы, решительно отстаивала идею о естественном характере природных процессов [51]. С возникновением науки и философии Нового времени связано радикальное преобразование в истолковании бытия. Трактовка бытия как космоса, где еще сохраняются антропоцентристские представления, сменяется рассмотрением его как системы мира. При этом система мира понимается как нечто независимое от человека, обладающее своим типом организации, иерархией, имманентными законами и суверенной структурой. Кроме того, бытие становится предметом не только философского размышления, стремящегося постичь его целостность, но и предметом специально-научного анализа. В Новое время возникает ряд научных дисциплин, каждая из которых вычленяет в природном мире определенную область и анализирует ее свойственными этим дисциплинам методами. Поэтому перед философией встает задача — выявить некоторые онтологические принципы системного подхода к предмету знания, ту систему категорий, которая лежит в основании различных форм специально-научного анализа действительности.

Астрономия была одной из первых наук, которая перешла к онтолого-натуралистической интерпретации системности мироздания. Большую роль в становлении новой трактовки системности бытия сыграло открытие Н. Коперника. Оставляя возможность интерпретации своего открытия лишь как метода правиль-

ных расчетов, он подчеркивает связь с числовым аппаратом и схемой теоретического мышления Птолемея, ставит перед собой задачу объяснить движения «мирового механизма», который «ради нас создан великолепнейшим и искуснейшим творцом всего» [24, стр. 13]. Телеологизм, отягощавший еще представления Н. Коперника, был преодолен позднее Галилеем и Ньютоном.

Если в эпоху Возрождения — эпоху становления математического естествознания Нового времени — преобладали антиаристотелизм и обращение к традициям философии Платона (Н. Кузанский, Д. Бруно, Г. Галилей), то успехи описательного естествознания и, в частности, систематики растительного и животного мира снова пробудили интерес к методологическим принципам Аристотеля.

Специфичность системного подхода к предметам знания, характерного для науки Нового времени, заключается в том, что природа предстает как некое целое, исключаящее трансцендентно-телеологическое начало, объявленное в Средневековье исток и основанием системности мира (а если и допускается такое начало, то место и функции его существенно ограничены)⁸.

Наука Нового времени, стремясь определить принципы системного подхода к миру и к предмету познания, выработала определенную концептуальную систему. Среди ее важнейших понятийных элементов необходимо назвать такие категории, как «субстанция и атрибуты», «вещь и свойства», «целое и часть». Исходными были понятия «вещь и свойства». Вещь трактовалась как сумма отдельных свойств, совокупные группы которых в свою очередь распадалась на меньшие признаки, общие этим группам свойств⁹. Прежде всего фиксировались множество и изменчивость вещей. Выражением их единства и постоянства была категория субстанции, которая различным образом трактовалась в истории Новой философии. Наряду с различением материи как бескачественного субстрата и формы как принципа структуры и организации необходимо обратить внимание на то, что субстанция понималась и как сама вещь (см. [18, стр. 448]).

При всех отличиях в трактовке субстанции ведущая линия в понимании субстанции и формы почти целиком находилась в рамках аристотелевского подхода. Предмет познания — вещь понимается как сумма свойств, как агрегат качеств¹⁰, а основ-

⁸ Один из основателей классической науки Р. Декарт писал: «Мы не станем также обсуждать, какие цели бог поставил себе, создавая мир. Мы совершенно выбросим из нашей философии разыскание конечных целей» [18, стр. 438].

⁹ Так, для Гоббса философия представлялась учением о телах естественных и искусственных. Свойства, среди которых он отмечает особо протяженность и форму, указывают, по его словам, на причину предмета или вещи.

¹⁰ Воспроизводя эволюцию своих взглядов, Лейбниц писал, что стремясь освободиться из-под ига Аристотеля, он первоначально принял в качестве исходных пустое пространство и атомы, позднее же ему «пришлось снова обратиться к субстанциальным

ная познавательная процедура сводится к поиску сходства и различия в предметах (см. [11, стр. 93]).

В связи с этим весьма специфично трактуется категория «отношение», которая выражает прежде всего субординацию главных и второстепенных свойств и признаков, тождество и различие качеств предмета, а также динамическое воздействие некоего предмета на другой, первый из которых является причиной, а второй — следствием¹¹. Категория «отношение» характеризовала тождество и различие вещей, выявляемое при сравнении, причинное отношение двух объектов, субординацию главных и второстепенных свойств предмета.

Субординация главных и второстепенных свойств предмета подчиняется логике родо-видовых отношений. Поэтому система и системность предмета познания трактуется как иерархия различных классов свойств, причем место этого класса единственно и определено некоторыми реальными, онтологическими характеристиками (например, «раньше», «позже», «выше», «ниже» и пр.). Помимо свойств различных рангов допускается возможность представления иерархии систем и подсистем. Иными словами, ранговые различия характеризуют не только классы свойств, но и сами системы, и характеризуют не функционально, а онтологически. Поэтому предполагается существование суперсистемы как некоего всеобъемлющего целого, суперсистемы, которая может трактоваться или статически, или исторически (таковы, например, идеи о живой природе как большой системе, о виде как эволюционном целом).

Важнейшая особенность представлений о системности предмета познания, характерная для науки Нового времени, состоит в выдвигании на первый план каузального, а не телеологического способа объяснения. Наука Нового времени с самого своего возникновения боролась с телеологией в трактовке систем-

формам» [26, стр. 115], которые он назвал первичными силами. Развертывая эти принципы в своей «Монадологии», он характеризует сложные субстанции как собрание или агрегат простых субстанций — монад, далее неделимых, лишенных протяженности и фигуры. Природа этих элементов вещей или субстанциальных форм заключается в силе, т. е. они являются «клеточкой» динамического объяснения.

¹¹ Называя идеи отношений наиболее бедными реальностью, Лейбниц вычленяет среди них прежде всего причину и следствие, тождество и различие, фиксируемые, «когда дух сравнивает одну вещь с другой» [27, стр. 199]. Причем наилучшим примером отношений для него являются отношения родства. Эта же позиция отстаивается и Х. Вольфом, который полагает, что «отношение не придает существу никакой новой реальности, какой оно не имело бы, рассматриваемое само по себе», а существо отношения видит «исключительно в известной зависимости (действительной или фиктивной) одного существа от другого» (см.: [13, стр. 262—263]). Дело отнюдь не в том, что аристотелевская логика и наука Нового времени не знали понятия «отношения», как это считает Э. Кассирер, противопоставляющий две основные формы логики в соответствии с разными исходными понятиями — понятием о вещах и понятием об отношениях (см. [21, стр. 18]). Причина заключается в коренном изменении самого понятия об отношениях (превращение его в понятие о функции), происшедшем на рубеже XIX и XX вв.

ности предмета познания¹². Само собой разумеется, критика телеологизма на первых порах была непоследовательной, касалась прежде всего трансцендентной телеологии. Этим и объясняется стремление многих философов и ученых-естественников превратить имманентную цель в самую сущность предмета чтобы тем самым исключить цели, внешние самому предмету познания. Каузальный характер объяснения, присущий науке Нового времени, связан с еще одной важной особенностью — эссенциализмом этого способа мысли, т. е. допущением сущности или сущностей, отождествляемых с имманентной целью предмета познания.

Наиболее ярким выражением этого способа мысли являются многообразные варианты систематики, предложенные в естествознании до XIX в. Первые варианты систематики видов были искусственными и основывались на сходстве одного какого-нибудь признака, будь то общее сходство (И. Бок, К. Баугин), форма и размеры растений (Л. Фукс), форма листьев (М. Лобеллий), сходство внутренней сущности (И. Юнг). Высшей формой искусственной классификации явилась система Линнея. В своем труде «Система природы» (1735) он проводит мысль о том, что задача естествознания заключается в разделении и наименовании тел, в объяснении связи явлений, близости видов, группировке родов в отряды. Подчеркивая, что «Ариаднина нить ботаники — система, без которой в ботанике хаос» [6, стр. 133], он предлагает положить в основу классификации растений понятие «род растений», который обладает некоторыми естественными признаками сообразно с числом, обликом положением и соразмерностью всех частей плодоношения. Решающим критерием для него являются характерные особенности тычинок и пестиков. Система расчленяется им на пять подчиняющихся членов — класс, отряд, род, вид, разновидность.

Возникшие позднее формы естественной классификации видов животных и растений, учитывавшие комплекс признаков или сходство (сродство) существенных признаков строения варианты типологической систематики (Кювье, Жоффруа Сент Илер), основывались на представлениях о системе как совокупности свойств, а логика системы трактовалась как «аристотелевская логика иерархии родов, где каждый вид в логическом смысле определяется ближайшим родом и специфическим различием; каждый таксон (член естественной системы любого ранга) занимает единственное место в системе» [29, стр. 16].

Исходные принципы различных вариантов систематики XVII—XVIII вв. характерны и для других специально-научных дисциплин. Так, сравнительная анатомия и морфология животных также основываются на понятиях «свойство», «класс»

¹² Идея телеологизма была окончательно разрушена Ч. Дарвином, учение которого знаменует собой возникновение нового способа мышления.

«сущность». В частности, в этих системных терминах формулирует Кювье так называемый принцип корреляции частей, как выражение организованности, целостности живых организмов [25, стр. 130].

Итак, классическая наука и философия выдвинули определенное понимание системности предмета познания. Важной особенностью науки и философии Нового времени было то, что системный подход к реальности связывался с построением натуралистической онтологии. Онтология стремилась рассматривать бытие так, как оно существует само по себе, и развевалась в специфической — сущностной, атрибутивно-субстратной — системе понятий. Центральное место в этой системе занимали понятия «сущность», «свойство», «атрибут», «субстанция», в противовес способу мышления, окончательно сформировавшемуся в конце XIX — начале XX в., который может быть назван функционально-конструктивным¹³.

В философии Нового времени существовало несколько интерпретаций системности предмета познания. Острыми спорами о понятии субстанции, о взаимоотношении субстанции с ее формами и атрибутами была проникнута вся философская жизнь XVII и XVIII вв. Однако при всем многообразии философских систем и предложенных ими интерпретаций действительности их объединяет общий способ мышления, который можно назвать онтолого-натуралистическим. Этот способ мышления, характеризующийся прежде всего построением онтологии, учением о мире самом по себе, нашел свое выражение во французском материализме XVIII в.

Французские материалисты философски обобщили фундаментальные принципы, на которых базировалась наука Нового времени, раскрыли основания построения системных представлений о предмете познания в классической науке. Причем идея системности предмета познания доводится ими до представления природы как системы и построения тем самым натуралистической онтологии с помощью категорий «свойство», «сущность», «субстанция», «порядок». Так, П. Гольбах в своем построении системы природы исходит из понятия свойства вещества, их сочетания образуют сущность всего существующего, различие этих сущностей определяет их порядок, те категории или системы, которые они занимают в природе. Каждое из природных существ, обладающее специфическими свойствами и организацией, занимает определенное место в иерархии природы как системы, попадая в тот или иной класс. Системные представления о природе, развитые во французском материализме, предполагают утверждение некоторой общей системы, великого

¹³ Ряд важных аспектов этих двух способов мышления был вычленен И. И. Ревзиным в его противопоставлении сущностного и манипуляционного, имманентного и антиимманентного подходов [40].

целого — всеобъемлющей природы. В тот или иной класс этой системы и попадает каждое природное существо (см. [12 стр. 12]).

Ограниченность онтолого-натуралистического истолкования системности природы обусловлена созерцательностью французского материализма, которая была раскрыта основоположниками марксизма. Трактовка познания как пассивного отражения действительности привела не только к неисторическому, внепрактическому рассмотрению предмета познания, но и к тому, что принципы системного подхода к природе не получили и не могли получить здесь логико-методологической формы. Ведь эти принципы трактовались как характеристики самой действительности. При такой экстраполяции на природу саму по себе исторически возникшей системы категорий принципы системного подхода к реальности не могут быть представлены как совокупность норм и логических средств системного исследования предмета, а сама система фундаментальных категорий оказывается неисторической. Стремление натуралистически укоренить системность знания в самой природе, свести принципы системной организации знания к принципам системной упорядоченности самой природы влечет за собой отказ от поиска специфических, присущих только научному знанию форм системной организации. Системный взгляд на науку, на структуру научного знания возникает лишь в том случае, когда проводится различие между знанием и бытием, между их способами организации, когда знание понимается как деятельность познания, когда философия отказывается от натуралистически-онтологического обоснования знания.

Интерпретация системности научного знания в философии Нового времени

То, что научное знание отличается от обыденного сознания своей упорядоченностью, систематичностью, организованностью, воспринимается ныне как само собой разумеющееся. Однако подобное восприятие является итогом многовековых философских, логических и методологических размышлений о строении науки, характере научного знания.

Одно из условий интерпретации научного знания как системного образования заключается в том, чтобы оно рассматривалось не как достояние личности, а как нечто существующее объективно, имеющее свой способ существования в знаковых системах, свои законы функционирования и развития. В XVI в. подобная трактовка знания еще не сложилась (см. [58, стр. 78]). Лишь в конце XVI в. намечается определенный поворот к более объективному пониманию научного знания. Этим, в частности, и объясняется обращение к стоицистскому пониманию знания как техне, как искусства, а самого техне как системы методиче-

ски расчлененных и упорядоченных правил. Такая трактовка знания представлена, например, в учениях К. Темплера (1567—1624) и Г. Альштедта (1588—1609). К. Темплер различает внешнюю и внутреннюю форму существования научного знания, относя первую из них к систематическому изложению науки в учебниках, а вторую — к существованию знаний в умах ученых. Существование знания уже не замыкается на личности познающего, а охватывает и специфическое — знаковое бытие знания, и способы его изложения в учебниках [47], [73].

К началу XVII в. окончательно складывается трактовка знания как объективно-мыслительного образования, что создает возможность перенесения термина «система», употребляемого ранее преимущественно для характеристики целостности и упорядоченности естественных объектов, на искусственные объекты. Впервые в этом смысле термин «система» был употреблен Б. Кекерманом в названии книги «Система логики» [62]. С этого времени термин «система» начинает фигурировать во многих книгах в смысле систематического изложения той или иной научной дисциплины, появляются книги, трактующие о системе логики, системе грамматики и т. д. [56], [62], [73].

В интерпретации системности научного знания в Новое время наметились две противоположные тенденции — эмпиристская и рационалистическая, каждая из которых базировалась на определенном образе науки. Для эмпиристской тенденции характерны ориентация на методы эмпирического естествознания, физикалистский образ науки, т. е. рассмотрение научного знания по образу и подобию физического знания. Для рационалистской — ориентация на методы исследования и изложения математики, логицистский образ науки, т. е. подчеркивание логическо-дедуктивных методов изложения (см. [35]).

Эмпиристская линия в теории науки связана с неприятием идеи систематического изложения результатов научного поиска. Уже Ф. Бэкон в своем учении о методе изложения отмечает, что «знания могут передаваться или с помощью афоризмов, или методически» [7, стр. 345]. Предпочтительнее он относится к афористическому методу изложения, приняв его за основной метод в своих работах. По его мнению, этот метод, «давая какие-то части и отдельные куски науки», позволяет исследователю что-то прибавить к этой науке. Методически-систематическое изложение, «представляя науку как нечто цельное и законченное, приводит к тому, что люди успокаиваются, думая, что они достигли вершины знания» [7, стр. 346].

Неприятием «духа системы» проникнуты и работы Э. Б. Кондильяка. В своем «Трактате о системах» он определяет систему как «расположение различных частей какого-нибудь искусства или науки в известном порядке, в котором они все взаимно поддерживают друг друга и в котором последние части объясняются первыми» [22, стр. 3]. Он вычленяет ряд принципов по-

строения различных научных систем. Среди них, во-первых, общие или абстрактные принципы, на которых основываются абстрактно-философские системы; во-вторых, гипотезы, способствующие построению математики и нередко физики. На этих двух видах принципов строятся неистинные системы. Третий вид принципов — это правильно установленные факты. Они лежат в основании истинных научных систем, прежде всего физики, выступающей в виде эталона научного знания вообще. Подчеркивая, что «физикам можно строить системы лишь в частных случаях» [2, стр. 176], Кондильяк ограничивает задачу физика объяснением фактов фактами, причем «когда недостаточно одного факта, то следует взять их два, три или больше» [22, стр. 174.]. Хотя он и называет правильно установленный факт принципом истинного знания, основоположением истинных научных систем, однако системность знания трактуется им узкоэмпирически и по сути дела он выступает против ориентации физики на систематически-методическое изложение своих идей.

Линия, начатая Кондильяком, была продолжена во французской философии науки XVIII—XIX вв. Критика спекулятивного знания приводила нередко французских философов к отрицанию системного характера научного знания. Критика «духа системы», стремление обосновать знание с помощью некоторой эмпирической области и процедур проверки отчетливо выражены в работах Д'Аламбера. В «Очерке происхождения и развития наук» он критикует «гипотетическую и гадательную философию», метафизически-спекулятивный характер философских систем, отвергающих строгое наблюдение. «Дух системы,— пишет он,— является для физики тем же, что метафизика для геометрии. Если он иногда необходим, чтобы поставить нас на путь истины, он сам почти всегда неспособен служить путеводителем». Он называет такие построения легкомысленными догадками, украшенными именем систем [16, стр. 150].

Не приемля на первых порах абстрактно-спекулятивные системы, эмпиризм позднее приходит к отрицанию систематического построения научно-теоретического знания, ибо сводит знание к обобщению фактов. Поскольку научное знание истолковывается в эмпиристской традиции как обобщение фактов и ограничивается фактуальным знанием, то принципы построения теорий, специфические способы образования и изложения теоретических систем не вычлениаются. Так, Г. Спенсер критикует тех философов, которые ищут критерий, отличающий научное знание от обыденного, в систематизированности знания. Он вообще приходит к выводу о «неразрывности обыденного знания и науки» [41, стр. 5], о невозможности провести достаточно четкую демаркационную линию между обыденным и научным знанием.

Критика «духа системы», отрицание системного характера научного знания становится ведущим настроением ряда ученых второй половины XIX в. Отождествляя систематическое мышле-

ние со схоластикой, К. Бернар считает, что этот способ мышления не допускает изменения исходных принципов и не предполагает их соотнесения с фактами. По его мнению, система образуется лишь в случае преимущественно логического рассмотрения гипотезы. Этим и отличается система от теории, складывающейся при экспериментальном рассмотрении гипотезы. «Система есть гипотеза, к которой логически сводятся факты с помощью рассуждения, но без критической экспериментальной проверки» [3, стр. 293]. Конечно, эмпиризм полемизировал прежде всего с умозрительным системосозиданием. Однако вполне оправданное неприятие натурфилософских, псевдонаучных построений зачастую приводило представителей эмпиризма к отрицанию системной организации научно-теоретического знания, к отказу от систематического изложения научной дисциплины. Так, К. Бернар оценивает все попытки систематизации результатов научного знания как умерщвление научного поиска. «Наука, которая остановилась бы на системе, осталась бы в застое и изолировалась бы, ибо систематизация есть настоящая научная инцистация, а всякая инцистированная часть в организме перестает принимать участие в общей жизни этого организма» [3, стр. 298]. Столь же решительно отвергает «дух системы» и Л. Пастер [66, р. 199].

Негативное отношение к идее системности научного знания, представленное в эмпиризме XVIII—XIX вв., объясняется не только антиметафизическим, антиспекулятивным духом, но и рядом его собственных гносеологических установок, а именно: превознесением эмпирического наблюдения и экспериментального метода, стремлением свести теоретическое знание к обобщению и сопоставлению опытных данных. Эмпиристская линия в теории науки не смогла поставить вопрос о специфических методах образования теоретических систем, методах их изложения в виде систематически расчлененных и методически построенных систем. Представители эмпиризма не осознали того, что и наблюдение, и эксперимент предполагают определенную теоретическую систему, которая только и позволяет ученому осуществить выбор проблем, их формулировку и обобщение эмпирических данных.

Ориентирующаяся на математику *рационалистическая линия* в теории науки рассматривала аксиоматический метод изложения как наиболее адекватный способ систематизации научного материала, как форму, наиболее соразмерную научному знанию как таковому. Аксиоматический метод был эталоном построения научно-философских систем для многих мыслителей этого времени — и для рационалиста Б. Спинозы, и для мистика Э. Вейделя.

Теоретико-познавательные размышления при такого рода ориентации относились прежде всего к характеру исходных аксиом, к способу их введения в дедуктивное построение. Различ-

ная трактовка исходных оснований научного знания находит свое выражение в дискуссиях об очевидности аксиом и способах обоснования их очевидности, в различной трактовке форм дедуктивного рассуждения, аналитических и синтетических суждений, с помощью которых строится теоретическая система.

Этот рационалистический, классический образ науки, ориентирующийся на создание логико-дедуктивной системы знания, предполагает концептуалистское размежевание знания и реальности. Ведь способы систематизации знания, ориентирующиеся на аксиоматический метод, не могут быть изоморфными самой реальности. Системные характеристики предмета познания не совпадают с системными характеристиками самого знания. В классическом образе науки предполагается не только размежевание знания и реальности, не только осознание специфичности системной организации бытия и знания, но и различение способов исследования и способов изложения. По мере развития концепций науки осознается то, что аксиоматическо-дедуктивный метод относится к способу изложения, а не получения знания. Поэтому в гносеологии и логике Нового времени начинает все больше и больше уделяться внимание логике открытия, эвристике как методологии исследования в противовес различным способам канонизации готового знания, изложения его результатов.

Если вкратце охарактеризовать рационалистический, классический образ науки, то необходимо отметить следующие его основные особенности:

- Научное знание трактуется как система истин, причем как система дедуктивная, основанная на самоочевидных, интуитивно постигаемых принципах-аксиомах, являющихся основанием для дальнейшего рассуждения.

- элементом научной системы является понятие;

- при анализе системности знания все больше и больше акцент делается на форму изложения;

- предмет науки усматривается во всеобщем, необходимом, существенном;

- случайное и единичное объявляется предметом истории, противопоставляемой подлинно рациональному знанию;

- теория понимается как созерцание вечного и необходимого, что влечет за собой негативное отношение к гипотезе;

- рационализм укореняет научное знание не «в нижних этажах» всего здания науки, а в некоторых высших инстанциях, по-разному понимаемых в различных философских системах (то ли как истины разума, то ли как метафизические основоположения, то ли как истины откровения); эти высшие инстанции оказываются последним фундаментом всего научного знания;

- цель науки усматривается в объяснении явлений, что связано с преобладанием в науке этого времени каузального подхода;

— круг вопросов, на которые отвечает наука, ограничивается при этом подходе вопросами: «что?» и «почему?»

Этот рационалистический образ науки, развитый в ряде философских систем XVII—XVIII вв., был тем идейным материалом, из которого исходила и который переосмысляла и модифицировала немецкая классическая философия.

Интерпретация системности научного знания в немецкой классической философии

Глубокую и основательную разработку идея системной организации научного знания получила в немецкой классической философии. Структура научного знания, принципы и основания построения теоретических систем стали в ней предметом специального философского, логико-методологического анализа.

Немецкий математик и философ И. Г. Ламберт (1728—1777) подчеркивал, что «всякая наука, как и ее часть, предстает как система, поскольку система есть совокупность идей и принципов, которая может трактоваться как целое. В системе должна быть субординация и координация» [65, стр. 511]; [64]. Следует отметить, что он анализирует системность науки на основе обобщенного рассмотрения систем вообще, построения общей «системологии». В его учении о системах вычленяются различные типы систем в соответствии с целями, которым служит система, характером частей этой системы, связующих сил, объединяющих части в единое целое, с типом общей связи, формирующей из частей некоторое целое, с законами или правилами системы. Цель науки как системы заключается в познании предметов. Компонентом интеллектуальной системы, согласно Ламберту, является истина или ложь. Связующей силой, объединяющей совокупность истин в науку, по его мнению, являются силы рассудка, которые он отличает от сил воли и механических сил. Ламберт указывает на необходимость изучения научных систем в соответствии с тем основанием, на котором они покоятся, с формами взаимоотношения системы с другими системами (отношения включения, зависимости, взаимозависимости и др.). В качестве важнейшей особенности научных систем выступает упорядоченность доказательства, отчетливость и порядок принимаемых посылок и всего рассуждения, связь аксиом и постулатов. И. Г. Ламберт еще сохраняет ориентацию на способы систематического изложения результатов научного знания, характерные для математики. Его трактовка системности научного знания не выходит за пределы того классического образа науки, который был описан нами выше.

Новый этап в интерпретации системности научного знания связан с именем И. Канта. Его заслуга состоит не только в четко осознанном системном характере научно-теоретического знания, но и в превращении этой проблемы в методологическую

проблему, в выявлении определенных процедур и средств системного конструирования знания. Разграничив знание и реальность, вещь саму по себе и знание, противопоставив форму и содержание знания, Кант смог проанализировать структуру научного знания, проанализировать знание как автономный мир образованный по определенным принципам. Он различает философское и математическое познание: первое — это «познание разумом посредством понятий» второе — «познание посредством конструирования понятий» [20, стр. 600]. Кант считает, что в философии нельзя следовать математическому методу изложения, что специфические способы построения систем в математике с помощью дефиниций, аксиом и демонстраций нельзя превращать в догмы, которым должно подчиняться все научное знание. Ориентация на аксиоматический метод математики, характерная для философии XVII—XVIII вв., как раз и ведет к догматизму. Кантовская критика догматизации математического метода не означает тем не менее, что метод научного знания перестает быть систематическим. Кант подчеркивает: «... Наш разум (субъективно) сам есть система, однако в своем чистом применении, посредством одних лишь понятий, он есть лишь система исследования, исходящая из основоположений с единстве, материал для которого может быть дан только опытом» [20, стр. 616—617].

В структуре научного знания Кант вычленяет ряд уровней. Прежде всего чистые формы чувственности, или априорные принципы созерцания — пространство и время, анализ которых составляет предмет трансцендентальной эстетики. Затем уровни чистых форм рассудка, составляющих предмет трансцендентальной логики. При этом Кант указывает на необходимость полноты понятия науки. «Эту полноту той или иной науки нельзя с достоверностью признать агрегатом (знаний), составленным лишь путем опытов... Она возможна только благодаря тому, что она связывается в одну систему... Совокупность его (чистого рассудка. — А. О.) знаний должна поэтому составлять охватываемую и определяемую одной идеей систему, полнота и расчленение которой может служить также критерием правильности и подлинности всех входящих в нее элементов знания» [20, стр. 164]. Систематическая топика рассудочного знания заключается, согласно Канту, (1) в аналитике понятий и представлении системы категорий, (2) в аналитике основоположений и изложении их в качестве системы. Помимо этого он вычленяет систему трансцендентальных идей, систему чистых понятий разума, которые являются характеристикой философского знания.

Философия для Канта есть самосознание науки, а следовательно, также оказывается системным образованием. Философское знание характеризуется им двояко: во-первых, как критика, исследующая способность разума в отношении всего чистого априорного знания, во-вторых, как метафизика, т. е. как

«система чистого разума (наука), т. е. все (истинное и мнимое) философское знание, основанное на чистом разуме в систематической связи» [20, стр. 686]. С этим связано и представление Канта о философии как органоне и как каноне. Философия, утверждал он, является органоном, и, будучи трансцендентальной, занимается «не столько предметами, сколько видами нашего познания предметов» [20, стр. 121]. Рассматриваемая под этим углом зрения философия должна быть «совокупностью принципов, на основе которых можно приобрести и действительно осуществить все чистые априорные знания. Полное применение такого органа дало бы систему чистого разума» [20, стр. 120—121].

Помимо этого задача философии как канона состоит в том, чтобы «представить аналитически и синтетически совершенную систему философии чистого разума». Рассматриваемая под этим углом зрения, философия должна не только выработать некоторую систему методологических средств для науки, но и сама предстать как система всех принципов чистого разума, в которую должны войти учение о началах и учение о методе. «Если устанавливать,— пишет Кант,— подразделения этой науки с общей точки зрения системы вообще, то излагаемая нами здесь наука должна содержать, во-первых, учение о началах, и, во-вторых, учение о методе чистого разума» [20, стр. 123].

Рациональное знание в его научной и философской формах оказывается системным образованием, а сама системность знания является решающим критерием, который отличает научное знание от обыденного. «Под управлением разума наши знания вообще должны составлять не отрывки, а систему, так как только в системе они могут поддерживать существенные цели разума и содействовать им. Под системой же я разумею единство многообразных знаний, объединенных одной идеей. А идея есть понятие разума о форме некоторого целого, поскольку им априори определяется объем многообразного и положение частей относительно друг друга» [20, стр. 680].

Кантовская концепция научного знания также находится в рамках классического образа науки: ведь он рассматривает знание как систему понятий и принципов, предполагающую над собой систему более высоких, регулятивных идей чистого разума. Но, не ограничиваясь концептуалистской моделью науки, немецкий философ выдвигает некоторые нормы представления науки как системы, предлагает конструктивные принципы системности знания. Таким конструктивным системным принципом для него является понятие схемы как реализации идеи. Схема — это априори, определенное из принципа цели существование многообразия и порядок частей. Такова дефиниция схемы как принципа, создающего архитектурное единство всего знания.

По Канту, системно не только научное знание в целом, но и каждая из наук системна по своему строению. Все системы

«имели свою схему как первоначальный зародыш в только лишь развертывающемся еще разуме, и потому не только каждая из них сама по себе расчленена соответственно идее, но и все они целесообразно объединены в системе человеческого знания как части единого целого и допускают архитектонику всего человеческого знания» [20, стр. 682]. Системная организация науки является для него показателем ее развитости и теоретичности.

Ограниченность кантовского понимания системности знания состоит в том, что конструктивно-методологические принципы образования научных систем являются у него характеристиками лишь формы, а не содержания знания.

Эту линию в еще большей мере проводит Фихте, который, правда, считает, что принципы полагания формы знания являются одновременно принципами полагания и его содержания. Исходный тезис Фихте — научное знание есть системное целое. «Каждая наука, если она должна быть не отдельным, оторванным положением, но целым, состоящим из многих отдельных частей, имеет систематическую форму» [44, стр. 19].

Сравнивая здание науки со строительными сооружениями, Фихте проводит мысль о том, что системность научного знания предполагает наличие фундамента, некоторого основания, на котором зиждется все здание науки. «Наука есть здание: главная цель этого здания — устойчивость. Фундамент устойчив... Все части постройки скрепляются с фундаментом и друг с другом, и через это здание делается устойчивым» [44, стр. 15]. Философия для Фихте также является наукой, предмет которой заключается в анализе науки, т. е. философия — наукоучение. Как и любая наука, философия систематична по своей форме и базируется на некоторых основоположениях, достоверных до построения самой системы. Таким достоверным фундаментом философии и тем самым всякой научной системы, поскольку одной из задач философии является осмысление принципов и оснований научного знания, оказывается принцип тождества, один из законов формальной логики — закон тождества. Вычленяемые Фихте принципы системности научного знания в большей мере, чем у Канта, отягощены формально-логическим подходом к структуре научного знания. И дело не только в том, что Фихте не приемлет априорные формы чувственности, которые обеспечивали в концепции Канта связь рассудка и опыта, — у него сама связь научных истин трактуется сугубо формально-логически.

Критерии системности научного знания усматриваются им в законах формальной логики, а сама системность все более и более подменяется изучением принципов систематического изложения, правилами дедукции рассудочных понятий.

Собственно, Фихте является родоначальником того направления в классической немецкой философии, которое останавливается на вычленении формально-логических принципов система-

тизации сложившегося знания, ограничивая тем самым системность знания систематичностью его формы. Упор на *форму* знания в конечном счете привел это направление в исследовании принципов системности знания к отождествлению системности научного знания с его систематическим изложением. Оно сосредоточивает свое внимание не на научном исследовании, а на изложении результатов знания, систематического представления теоретического знания. Этот поворот особенно ощутим у последователей Канта и Фихте. Так, К. Х. Е. Шмид (1761—1812) объектом своей чистой теории науки делает правила научного знания, т. е. чисто формальный момент логического совершенства знания. Различая в науке содержание и логическую форму — способ, каким связано многообразие опыта, — Шмид отождествляет системность знания с формой: «Единство познаний заложено в логической системе. Наука по своей сущностной форме есть система» [70, S. 231]. Его представления о системности знания также базируются на применении законов формальной логики (только не закона тождества, как у Фихте, а закона противоречия) и разворачиваются во вполне классический образ науки, состоящий из аксиом, дефиниций, доказуемых положений.

Подобное же отождествление логики системного построения научного знания с логикой системного изложения результатов науки характерно и для Я. Ф. Фриза (1773—1843). Пытаясь обосновать науку и наукоучение психологически, он усматривает в самонаблюдении решающую содержательную особенность научного знания. Логика же имеет дело с формой знания и прежде всего с формами его систематизации. «Научными формами или формами систематического единства я называю лишь те мыслительные формы, — пишет Фриз, — в которых особенное полностью подчинено всеобщему. Упорядоченная соответствующим образом целостность познания по форме своей называется системой, а по содержанию — наукой. Свойственное нашим представлениям высшее всеобщее, которое не может быть в каком-то отношении особенным, мы называем принципом (основопологающей мыслью). Систематическая форма есть, следовательно, форма познания из принципов» [57, стр. 206].

В последующем развитии немецкой философии обнаруживаются различные тенденции преодоления такой формальной трактовки системности знания. Первая из этих тенденций представлена в идеях А. Гумбольдта о космосе как целостной природе, о необходимости наряду с историей естествознания представить основные типы физического мироописания, которое выступает у него как системное образование. Для этого варианта преодоления прежнего формального понимания системности знания характерна натуралистическая трактовка как самой природы, так и знания [15], а тем самым и принципов организации науки.

Вторая тенденция с наибольшей силой выражена в философии Гегеля. Он исходит из единства содержания и формы знания, из тождества мысли и действительности и предлагает историческую трактовку становления системы в соответствии с принципом восхождения от абстрактного к конкретному. Однако в силу отождествления метода и системы, в силу телеологического истолкования истории знания, Гегель не смог предложить методолого-конструктивных средств для формирования системных научных образований и фактически лишил все предшествующие ему теоретические и философские построения статуса системы. По сути дела они оказались в его интерпретации лишь абстрактным выражением, превращенной формой его системы, претендовавшей на единственно возможную и абсолютно значимую.

Заслуга Гегеля в истолковании системности научного знания состоит в обосновании единства содержательной и формальной стороны знания. Критикуя попытки построения систем по образцу математики, он понял дедукцию как генетическое развертывание знания из некоторых начал в сложную, органически целостную систему.

Третья форма преодоления сугубо формального понимания системности знания представлена в наукоучении Больцано. Подобно всем представителям классической теории науки он также трактует научное знание как систему истин, однако, не ограничиваясь этим, стремится найти эмпирические показатели научности. Показатель зрелости той или иной науки Больцано видит в существовании учебника по этой дисциплине. «В ранг научности,— пишет он,— следует зачислять не любую совокупность истин, но только ту, которая удостоилась быть изложенной в учебниках» [52, S. 8]. Исходной для него является идея о существовании истин самих по себе, независимо от человека и актов познания. Познание есть акт суждения, перевода истин самих по себе в суждения, фиксируемые в речи или письменных знаках. «Логика должна быть, по моему мнению, наукоучением, т. е. давать представление о целесообразности расчленения всей области истин на такие отдельные части или науки, чтобы каждая из них могла быть основательно разработана и письменно изложена» [52, S. 56]. Больцано специально анализирует логические средства и типы суждений, используемые в учебниках, знаки, применяемые в учебном процессе. Давая описание типов научной литературы, Больцано помимо учебников называет монографии, доклады, журнальные статьи, полемические или апологетические статьи, рецензии. Наукоучение Больцано, характеризующееся стремлением найти эмпирические показатели системности знания, содержало в себе идеи, которые были развиты в ряде концепций науки XX в., в частности, в науковедении, сделавшем предметом специального анализа жизнь научной публикации.

Итак, в классической немецкой философии представлены различные варианты интерпретации системности научного знания.

Наряду со «структуралистской» концепцией Канта существовала генетико-историческая трактовка системности знания, предложенная Гегелем. Наряду с логицистской концепцией системности знания, в которой подчеркиваются формально-дедуктивные связи внутри теории, существовал натуралистический вариант обоснования целостности человеческого знания, развитый А. Гумбольдтом.

Разложение немецкой классической философии, начавшееся во 2-й половине XIX в., привело к восстановлению в правах казалось бы уже преодоленных методологических подходов в анализе системности знания. Так, А. Тренделенбург возрождает телеолого-органицистское представление о знании. Проводя аналогии с целостностью организма и ссылаясь на работы К. Бэра и Ж. Кювье, он исходит из идеи науки как органической целостной системы, где части определяются из целого, а цель превращается в системосозидающий принцип. По его словам, «дух всегда стремится к единству целостного сознания» [42, стр. 433], теоретическая система является выражением этого единства. Сопоставляя системы порядка и системы развития, он указывает, что «различные системы наук сами только члены одной великой системы» [42, стр. 434], к достижению которой и стремится наука, хотя и не в состоянии этого сделать.

Наряду с возрождением телеологического понимания системности знания в немецкой мысли этого периода воспроизводятся и прежние варианты логицистского понимания науки, превращающего в догму аксиоматический метод математики. Такого рода эпигонство характерно, например, для Е. Дюринга. Хотя универсализация математического метода была преодолена еще Кантом и Гегелем, он пытается построить научное знание по образцу математики, «воображает, что он в состоянии создать из головы основные формы бытия, простые элементы всякого знания, аксиомы философии, из них вывести всю философию, или мировую схематику, и затем высочайше октроировать эту свою конституцию природе и человечеству» [31, стр. 38].

Однако XIX в. был веком не только эпигонства и вульгаризации немецкой классической философии, но и эпохой складывания нового способа мышления, который нашел отражение как в теоретическом естествознании, так и в социальной мысли марксизма. В конце XIX—начале XX в. в буржуазной философии формируются новые направления в интерпретации системности научного знания, например функционализм Э. Кассирера.

Данная статья не ставит своей целью описать те представления о системности научного знания, которые были развиты в буржуазной философии и методологии науки XX в. Мы ограничимся лишь тезисным изложением некоторых характеристик,

которые были выявлены самими естественниками и непосредственно относятся к пониманию строения научного знания.

Теоретическое естествознание XX в. исходит из различения предмета и объекта знания. Подчеркивая активный характер человеческого познания, новый способ мысли трактует предмет исследования как нечто, созданное и создаваемое человеком в ходе освоения природы. Естествоиспытатели начинают понимать огромную роль моделей в познании, активный «моделирующий» характер человеческого знания.

Такое, «конструктивное» понимание предмета знания предполагает специфическую концептуальную систему, решающими компонентами которой оказываются категории «символ», «функциональное отношение», «элемент». При этом элемент трактуется не как самостоятельная часть некоего целого, безразличная к нему, а как относительный член совокупности, определяемый его функцией в этой совокупности и обладающий активным отношением к другим элементам [4].

В связи с новой интерпретацией элемента важное значение приобретает анализ методологических средств и способов выделения элемента целостной совокупности. И при анализе элемента, и при осмыслении всей целостной совокупности наивно-онтологические представления перестают играть ведущую роль — их место занимают категории «функция», «функциональное отношение».

Целое понимается уже не как простая сумма, агрегат свойств, а как функциональная совокупность, которая формируется некоторым заранее задаваемым отношением между элементами. При этом фиксируется наличие особых интегративных характеристик данной совокупности — целостность, несводимость к составляющим элементам.

Сама эта совокупность, отношение между элементами (их координация, субординация и т. д.) определяются некоторым правилом или системообразующим принципом. Этот принцип относится как к порождению свойств целого из элементов, так и свойств элементов из целого. Системообразующий принцип позволяет не только постулировать те или иные свойства элементов и системы, но и предсказывать возможные элементы и свойства системной совокупности. Сам этот принцип системополагания определяется в зависимости от типов познаваемых систем и различен в разного рода системах (например, целевая функция при анализе экономических систем, целесообразность при изучении живых организмов и популяций). Поскольку подчеркивается специфический характер системообразующего принципа, постольку в современном естественнонаучном мышлении формируется и крепнет убеждение в невозможности построить системную картину мира, в необходимости ограничиться лишь исследованием различных систем. Об этом свидетельствует, в частности, полемика Р. Акофа и Л. Берталанфи [1].

Системы рассматриваются как самоорганизующиеся и саморазвивающиеся, как динамические по своему характеру, вступающие в сложные отношения со средой и обладающие «многоуровневой» организацией.

Изучение уровней организации систем привело к уяснению роли управления в функционировании и развитии систем.

Этот способ мышления кладет в свое основание такие понятия, как «функция», «структура», и не предполагает натуралистически-онтологического обоснования своих принципов. Системные представления об объекте знания и о самом знании оказываются процедурами методологического синтеза, а сам новый способ мысли осознается специалистами в области естественных наук как некая «конструктивная методология», в которой подчеркивается активный характер человеческого познания и выдвигаются определенные средства построения систем различного рода.

Однако довольно нередко конструктивный характер методологического синтеза истолковывается волюнтаристически. Такое гипертрофирование активности человеческого познания присуще, например, немецкому физику и философу, представителю операционализма Г. Динглеру. В своей книге «Система» он проводит мысль о том, что воля, активность сознания являются последним смысловым основанием всякой теоретической системы. Описывая поворот от пассивной к активной установке в интерпретации научных систем, автор развивает волюнтаристическую концепцию построения теоретических систем из активности человеческой воли, деятельности Я [55, стр. 59, 119—120].

В ходе развития научного знания в XX в., в процессе анализа науки учеными и методологами постепенно складывается новый, постклассический образ науки, новое понимание строения научного знания. Научное знание трактуется как система высказываний, причем как система гипотетико-дедуктивная по своему характеру. В связи с этим иначе оценивается роль гипотезы в научном знании. Гипотеза и теория уже не разделены между собой непроходимой пропастью, сама теория трактуется как гипотетическое образование.

Подобная интерпретация отношения теории и гипотезы приводит к релятивизации теоретических построений и истинного знания вообще.

Поскольку в современном естественнонаучном мышлении все больше осознается активный характер человеческого познания, в составе знания усиливается роль методологических процедур, способных «порождать» и содержание, и форму знания. Поэтому все большее внимание уделяется методам генетического построения и порождения различных систем. Современные исследования знаковых систем все более и более концентрируются на анализе методов их порождения, тех порождающих моделей, которые обеспечивают возможность построения зна-

ковых систем¹⁴. В связи с усилением роли конструктивно-методологических средств в научном познании в сознание самих ученых проникает убеждение в том, что научное знание ограничивается ответом на вопрос «как?» — как протекает тот или иной процесс, каковы механизмы функционирования того или иного явления, как можно воспроизвести или моделировать тот или иной процесс. На этом убеждении зиждется то ограничение науки описанием и то вынесение за пределы науки причинного объяснения, которые отличают различные феноменалистские и позитивистские концепции науки.

Идея о научном знании как системе, которая «конструируется» ученым в ходе решения познавательных проблем, проникла в сознание ученых XX в. и стала нормой теоретической работы. При этом теоретически мыслящие естествоиспытатели осознают зависимость «конструирования» научных систем от поставленной задачи, выбранных понятийных и методологических средств, от той единицы анализа, которая кладется в основание всего научного знания. Угол зрения и система отсчета, в соответствии с которыми анализируется наука и вычленяются исходные элементы системности знания, весьма многообразны. Это, в частности, объясняет тот плюрализм, который характерен для зарубежной философии и методологии науки XX в. [60] [63] [67] [72] [74].

Марксистская интерпретация системности научного знания противостоит как наивному онтологизму, так и волюнтаристскому конструктивизму. В противовес созерцательному материализму марксизм подчеркивает активный характер человеческого познания, связывает системность научного знания с формами познавательной деятельности человека. Вместе с тем марксистское понимание познания как деятельности не имеет ничего общего с волюнтаристской ее трактовкой, лишаящей мышление содержательных характеристик. Марксизм подчеркивает единство природы и деятельности человека, проводит мысль о том, что «человек в процессе производства может действовать лишь так, как действует сама природа, т. е. может изменять лишь формы веществ» [32, стр. 52].

Принцип единства формы и содержания знания является выражением диалектико-материалистического принципа единства природы и деятельности человека. Системность научного знания отнюдь не трактуется в марксизме как формальное упорядочивание, как систематизация лишь со стороны формы,

¹⁴ «Построение знаковой системы,— пишет Д. А. Поспелов,— происходит генетическим (конструктивным) путем, а не на основе аксиоматического метода... Генетический подход связан с наличием порождающей модели в отличие от концептуальной модели, характерной для аксиоматического построения теории» [39, стр. 335]. Необходимо отметить, что ныне и аксиоматический метод понимается как способ конструирования формальных знаковых систем, как «искусство составлять тексты, формализация которых легко достижима» [5] [10].

как схематизирующее изложение. Последовательно проводя принципы историзма, марксистская концепция науки истолковывает научно-теоретическую систему как развивающееся образование. В сложном строении теоретического знания марксистская гносеология вычленяет «ядро», фундамент теории (в политэкономической теории таким является теория прибавочной стоимости) и область теорий, в которых разворачивается этот фундаментальный принцип теории (например, теории заработной платы, прибыли, ренты и др.). Теория понимается в марксизме как сложное образование, построенное в соответствии с принципом восхождения от абстрактного к конкретному и разворачивающееся в сложной иерархии теорий. И предмет знания, и структура научного знания рассматриваются в марксистской философии как развивающееся органическое целое.

Марксистская гносеология выдвинула определенные принципы анализа системности научного знания. К ним, в частности, относятся такие принципы, как историзм, единство содержательной и формальной стороны научного знания, трактовка системности не как замкнутой системы, а как развивающейся последовательности понятий и теорий. При таком подходе системность знания не только не исключает, а наоборот, предполагает дальнейшее совершенствование и модификацию системы понятий. Основовоположники марксизма подчеркивали единство методов исследования и методов изложения, обратили внимание на то, что научное познание есть определенным образом упорядоченная и организованная деятельность, в которой находят свое применение системы познавательных средств и понятий. Марксизм подчеркивает зависимость теоретических систем от объекта исследования. Тем самым он указывает на возможность построения различных теоретических систем. Не абсолютизируя какой-либо способ построения систем научного знания, марксистская теория науки раскрывает условия эффективного применения определенных методов исследования и изложения. Метод восхождения от абстрактного к конкретному является эффективным методом построения теорий, анализирующих сложные, развивающиеся объекты, которые сами представляют собой органические системы. Подчеркивая зависимость методов построения теоретических систем от объекта и задач познания, марксизм последовательно проводит принцип конкретности истины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акоф Р.* Общая теория систем и исследование систем как противоположные концепции науки о системах.— «Общая теория систем». М., 1966.
2. *Аристотель.* Аналитики. М., 1962.
3. *Бернар К.* Введение к изучению опытной медицины. СПб., 1866.
4. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М., 1973.

5. Бурбаки Н. Начала математики. Теория множеств. Кн. I. Введение. М., 1965.
6. Бобров Е. Г. Карл Линней. Л., 1970.
7. Бэкон Ф. Сочинения в двух томах, т. I, М., 1971.
8. Вавилов С. И. Физика Лукреция. В кн.: *Лукреций*. О природе вещей, т. II. М., 1947.
9. Гейберг И. Л. Естествознание и математика в классической древности. М., 1936.
10. Гильберт Д. Основания геометрии. М.— Л., 1948.
11. Гоббс Т. Избранные сочинения. М.— Л., 1926.
12. Гольбах П. Система природы. М., 1940.
13. Гомперц Т. Учение о мировоззрении. СПб., 1911.
14. Грузинцев Г. Очерки по теории науки. Днепропетровск, 1928.
15. Гумбольдт А. Космос. Опыт физического мироописания. т. I—III, М., 1862.
16. Д'Аламбер. Очерк происхождения и развития наук.— «Родоначальники позитивизма», вып. I. СПб., 1910.
17. Дворецкий И. Х. Древнегреческо-русский словарь, т. II, М., 1958.
18. Декарт Р. Избранные произведения. М., 1950.
19. Демокрит в его фрагментах и свидетельствах древности. М., 1935.
20. Кант И. Критика чистого разума.— Сочинения, т. 3. М., 1964.
21. Кассирер Э. Познание и действительность. СПб., 1912.
22. Кондильяк Э. Б. Трактат о системах. М., 1938.
- 23—24. Коперник Н. О вращениях небесных сфер. М., 1964.
25. Кювье Ж. Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара. М.— Л. 1937.
26. Лейбниц Г. Избранные философские произведения. М., 1908.
27. Лейбниц Г. Новые опыты о человеческом разуме. М., 1936.
28. Лосев А. Ф. История античной эстетики. М., 1969.
29. Любимцев А. А. Значение и будущее систематики.— «Природа», 1971, № 2.
30. Маркс К. и Энгельс Ф. Сочинения, т. 3.
31. Маркс К. и Энгельс Ф. Сочинения, т. 20.
32. Маркс К. и Энгельс Ф. Сочинения, т. 23.
33. Маркс К. и Энгельс Ф. Сочинения, т. 46, ч. 1.
34. Марузо Ж. Словарь лингвистических терминов. М., 1960.
35. Огурцов А. П. Образы науки в буржуазном общественном сознании.— «Философия и наука». М., 1973.
36. Пахомов Б. Я. Проблемы изменения значения научных понятий.— «Вопросы философии», 1973, № 1.
37. Платон. Законы.— Сочинения, т. 3, ч. 2. М., 1972.
38. Платон. Послезаконие.— Сочинения, т. 3, ч. 2. М., 1972.
39. Пospelов Д. А. Системный подход к моделированию мыслительной деятельности.— «Проблемы методологии системного исследования», М., 1970.
40. Ревзин И. И. К соотношению структурного и системного подходов в современной лингвистике.— «Системные исследования. Ежегодник — 1972». М., 1972.
41. Спенсер Г. О происхождении науки. СПб., 1897.
42. Тренделенбург А. Логические исследования, т. II, М., 1868.
43. Фаццари Г. Краткая история математики. М., 1923.
44. Фихте И. Избранные сочинения, т. 1. М., 1916.
45. Чернышев Б. С. Софисты. М., 1929.
46. Эпикур. Письма к Геродоту.— В кн.: *Лукреций*. О природе вещей, т. II, М., 1947.
47. Alsted J. H. Scientiarum omnium Encyclopedia. Herborn. 1630.
48. Arnim H. Stoicorum Veterum Fragmenta. Bd. I—IV, 1921—1924, N 527, 528, 529, 638.
49. Ast F. Lexicon Platonicum, vol. 2—3. Bonn, 1956.
50. Berggren D. The Use and Abuse of Metaphor.— «The Review of Metaphysics», vol. 16, december 1962.
51. Blumenberg H. Kosmos und System.— «Studium Generale», 1957, Hf. 2.
52. Bolzano B. Wissenschaftslehre, Bd. IV. Sulzbach 1837.

53. *Bonitz H.* Index Aristotelicus. Berlin, 1955.
54. *Diels H.* Elementum. Eine Vorarbeit zum griechischen und lateinischen The-saurus. Leipzig, 1889.
55. *Dingler H.* Das System. München, 1930.
56. *Farnabius Th.* Systema grammaticum. 1641.
57. *Fries J. Fr.* System der Logik. Heidelberg, 1837.
58. *Grimm J.* und *Grimm W.* Deutsches Wörterbuch. Bd. 14. Leipzig, 1913.
59. *Heidegger M.* Was heisst Denken? Tübingen, 1953.
60. *Holzkamp R.* Wissenschaft als Handlung. Berlin, 1968.
61. *Kainz F.* Philosophische Etymologie und Historische Semantik. Wien, 1969.
62. *Keckerman B.* Systema Logicae tribus libris adornatum. Hannover, 1600.
63. *Lakatos I.* Falsification and the Methodology of Scientific Research Pro-grammes.—«Criticism and the Growth of Knowledge». Cambridge, 1970.
64. *Lambert J. H.* Logische und philosophische Abhandlungen, Bd. I. Berlin — Leipzig, 1782.
65. *Lambert J. H.* Logische und philosophische Abhandlungen, Bd. 2. Berlin — Leipzig, 1787; цит. по: «Studien zur Wissenschaftstheorie», Bd. 3. Meisen-heim am Glan, 1970.
66. «Ouevres de Pasteur», t. VII.—«Melanges Scientifiques et Litteraires», Pa-ris, 1939.
67. *Rainoff T. I.* Wave-like fluctuations of creative productivity in the develop-ment of West-European physics in the XVIII and XIX centuries.—«Isis», 1929, vol. 12, N 38.
68. *Ritschl O.* System und systematische Methode in der Geschichte. Bonn, 1906.
69. *Ronci Vasco.* Optics. The Science of Vision. N. Y., 1957.
70. *Schmid C. Ch. E.* Erste Linien einer reinen Theorie der Wissenschaft.—«Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie», Bd. 1. Meisenheim am Glan, 1968.
71. *Stein A.* Der Systembegriff in seiner geschichtlichen Entwicklung.—«Studien zur Wissenschaftstheorie», Bd. 2. Meisenheim am Glan. 1968.
72. *Törnebohm H.* Research as an Example of a Innovative System.—«Scientia», N 3—4. Milano, 1972.
73. *Templer C.* Metaphysicae systema methodicum. Hannover, 1606.
74. *Weingartner P.* Wissenschaftstheorie. Wein, 1971.

РАЗВИТИЕ СТРУКТУРНО-УРОВНЕВОГО ПОДХОДА В ПСИХОЛОГИИ

М. С. РОГОВИН

Введение

У современного психолога не вызывает сомнения правомочность анализа психики на основе понятий *структуры* и *уровней*. Расширяющееся использование этих понятий — одна из наиболее важных конкретных модификаций системного подхода в психологии. Большое место, которое структурно-уровневый подход занимает в психологии, есть результат исторического развития этой науки. Структурно-уровневый подход представляет собой отрицание как расчленяющего, атомизирующего ассоцианизма, так и той психологии, которая составляла весь психический мир человека из отдельных «способностей», из относительно самостоятельных по своим функциям процессов (восприятия, мышления, памяти, эмоций). Наряду с этим структурно-уровневый подход скорее не отменяет предшествовавшие ему теоретические подходы, а включает их в себя в виде частных, подчиненных — в снятом виде.

Однако структурно-уровневый подход нельзя еще считать вполне оформленной теорией, это даже не всегда четко сформулированные отдельные положения; более того, сам термин до сих пор еще не стал общепринятым. Однако фактически такой подход чрезвычайно распространен в современной психологии и во многих случаях выступает в качестве актуальной и продуктивной концепции. В самом общем виде суть структурно-уровневого подхода заключается в том, что, во-первых, психика рассматривается при этом как некая целостность, единство, «система», «организация», «структура», «поле» (все эти термины нередко выступают как синонимы или, во всяком случае, как очень близкие по смыслу, и далее мы специально остановимся на вопросе об их дифференциации); во-вторых, психика включается в качестве подструктуры в более широкие системы взаимодействия человека и среды. Внутри этой подструктуры отдельные ее компоненты представляют неравноценный фонд различных по своей психологической природе образований, находящихся в некоторых определенных (в том числе иерархизированных по уровням) отношениях как друг к другу, так и к целому.

Оба эти момента в той или иной форме издавна фигурировали в психологической литературе. В частности, советская психо-

логия, опираясь на принципы материалистической диалектики, всегда шла по пути целостного изучения психики. Однако для современной психологии — и уже не только советской — характерно возрастающее стремление к систематическому проведению структурно-уровневого подхода, к его концептуализации.

Поэтому очерченная таким образом схема структурно-уровневого подхода не должна вводить в заблуждение своей кажущейся простотой. Стоит лишь попытаться ответить на вопрос: каково же реальное психологическое содержание понятий «структура» и «уровни», как эта «простота» сразу же исчезает. Известно, что к анализу исходных понятий, особенно таких, которые считаются «сами собой разумеющимися», ученые приходят на сравнительно позднем этапе своих исследований — пользуясь какой-либо привычной схемой, мы обычно не думаем о возможности ее превращения в объект теоретического анализа.

Структурно-уровневая концепция психики в собственном смысле (т. е. именно как *теоретическая* концепция) — достояние науки сегодняшнего дня: только в рамках современного системного подхода между понятиями структуры и уровней прослеживаются актуальные предметные и логические связи. Однако история психологии показывает, что эта концепция в течение длительного времени развивалась не только в виде общих умозрительных принципов, но и как позитивная концепция психического. Это выдвигает проблему разграничения исторического и систематического рассмотрения в психологическом исследовании.

В любой науке систематическое рассмотрение — это прежде всего выделение исходных абстракций (категорий, понятий, в психологии — «психологических механизмов»), в которых выражаются становление и функционирование объекта. Эти абстракции и делают возможным логическое воспроизведение объекта. Для каждого периода развития знания характерна своя система основных понятий, в которых воссоздается реальный объект. Современная психология несопоставима с психологией даже недавнего прошлого — она опирается на весь арсенал естественных наук, на углубленное понимание социальных процессов, развила свои методы и теоретический аппарат.

В этом смысле многое из того, с чем мы встречаемся в прошлом структурно-уровневого подхода, представляется нам теперь наивным и малозначимым. В то же время структурно-уровневая концепция, находящаяся в состоянии становления, не может пока еще быть представлена через посредство необходимых для систематического рассмотрения основных понятий, категорий — они еще не разработаны, хотя и накоплен достаточный материал, для истолкования под углом зрения структурно-уровневого подхода. Понятия «структура» и «уровень» образуют при этом некую имплицитную «сетку координат», более или менее явно присутствующую при объяснении того или иного конкретного психоло-

гического факта. Поэтому систематический способ рассмотрения может быть проведен для структурно-уровневой концепции лишь после осуществления исторического анализа.

Обращаясь к истории психологии, мы можем ставить перед собой две довольно сильно различающиеся задачи. Во-первых, речь может идти о том, чтобы показать реальное для своего времени содержание психологических понятий, выявить общепсихологический и общенаучный контекст их возникновения и развития, место той или иной концепции в последовательности их смен (историческое рассмотрение в узком смысле слова). Во-вторых, обращение к истории психологии может означать лишь предварительный шаг к ее систематическому рассмотрению. Всякая наука стремится отразить закономерности собственного развития, показать «предуготовленность» своего будущего в настоящем и прошлом. В таком случае мы пытаемся раскрыть «вторую логику» — логику движения самих научных понятий. Именно такой путь позволяет глубже всего осмыслить сущность структурно-уровневой концепции в психологии. Применительно к нашей задаче этот вид исторического подхода представляется совершенно необходимым.

Имплицитно существовавшая на протяжении всей истории психологии связь понятий структуры и уровней по-разному проявлялась в отдельные исторические периоды, когда то одно из этих понятий, то другое выступало на первый план. Постановка акцента была обусловлена общим «духом времени», который на некоторый период оказывался более благоприятным в отношении понятия либо уровней, либо структуры. И это не случайно, ибо *генетически*, по своему первоначальному содержанию понятия структуры и уровней резко различны. Понятие уровней уходит своими корнями еще в донаучные представления о психике, оно вбирает в себя широкие и многочисленные аналогии из повседневной жизни и общественной практики. В какой-то момент эти донаучные житейские представления обрели статус естественно-научной гипотезы, которая в значительной мере определяет содержание этого понятия и на сегодняшний день. Понятие уровней обросло еще и рядом коннотативных значений; на некоторых из них нам придется далее остановиться.

Иным является генезис понятия структуры. Еще в античной философии отчетливо проступала тенденция переносить свойства предметов и явлений внешней реальности на психику человека и, наоборот, видеть во внешнем те же свойства, которыми наделяли психическое. Эта тенденция заметно усилилась вместе с ростом числа технических устройств, их усложнением и усовершенствованием¹. Вместе с тем понятие структуры, являющееся стержневым для многих наук, служит сближению и постоянному

¹ Как подчеркивал Н. А. Бернштейн, каждая очередная ступень развития техники «привлекала к себе и соответственно настраивала мышление физиологов, часто совершенно произвольно моделировавших жизненные процессы по образцам и подобиям со-

сопоставлению результатов психологических исследований с данными физиологии, общей биологии, социальных наук, выступает предпосылкой для применения математических методов к исследованию психики.

Свое изложение мы начнем с генезиса и путей развития каждого из этих понятий — уровней и структуры — в психологии.

Развитие уровневых представлений о психике

Концепция уровней психики берет начало в исторической преемственности от зафиксированного коллективного опыта людей («донаучная психология») (см. [41]), в эмпирически оправдавших себя образных сравнениях и аналогиях. (Следует помнить, что эти донаучные представления чрезвычайно устойчивы, живучи!) Лишь постепенно, в ходе обогащения научным содержанием, трансформируется в психологии уровневая концепция. Именно в таком эмпирическом смысле следует рассматривать первую, если так можно выразиться, «уровневую модель», которая представлена в сочинениях Платона (главным образом «Государство» и «Федр»). В ней нашли свое выражение донаучные представления о сущности психического, т. е. о связи тела и души, о характере зависимости между ними; все это причудливо сочетается с примитивными анатомическими представлениями и попытками выработать идеальную основу государственного устройства рабовладельческого общества. По мысли Платона, у человека имеются три уровня психического. Думающая и разумная части души (*logistikon*) локализованы в голове; часть, ведающая положительными эмоциями (храбрость, чувство чести и т. п. — *thymos*) — в груди; стремление к богатству и к плотским удовольствиям (*epithimia*) естественно располагаются ниже. У каждого человека, учил Платон, есть все три части души, но они могут не находиться в равновесии. Эти три части представляют идеальную схему для уровневой структуры рабовладельческого общества: правители государства — философы, воины, рабы. Наряду с таким тройственным делением Платон применяет и схему из двух уровней — тела и души (образы коня и возницы, кормчего и корабля, музыканта и цитры)².

временных им инженерных сооружений. Достаточно напомнить о таких мысленных моделях кортиева органа Гельмгольца или представление о нервах как кабелях из изолированных (миелином) электропроводников, о внутримозговых коммуникациях, как подобии центральных телефонных станций, владевших умами многих нейрофизиологов — современников Беля и Эдисона. Разумеется, и в наши дни такая установка мышления... не в меньшей мере влияет на умы, представляя к их услугам волновые процессы, полупроводники, мембраны, квантовые микрорепотенциалы, актомиозиновые электроэластические цепочки и очень многое другое» [6, стр. 266—267]. Эти слова справедливы и в отношении психологии.

² Далее мы специально остановимся на том, как много из античных представлений было использовано З. Фрейдом. При этом, начиная от А. Шопенгауэра и Ф. Ницше и кончая современным психоанализом, соотношение низших и высших уровней трактуется скорее как доминирование низших, глубинных.

Эти представления Платона, по существу, без сколько-нибудь заметных изменений переходят в эллинизм (неоплатоники и гностики), в раннее христианство (Павел) и прослеживаются в современных идеалистических и умозрительных концепциях. Сразу же обращает на себя внимание воплощенная в платоновских схемах древняя пространственная символика (высший — хороший, низший — плохой).

Представления об уровнях психического у Аристотеля в некоторых отношениях значительно отличаются от представлений Платона. Во взглядах Аристотеля доминирует системная картина космоса, с ее сферами и уровнями; снизу — диффузная, неорганизованная материя, вверху — дух (эта схема также переходит затем в каноны христианства)³.

В подходе к уровневому анализу собственно психического сильнее всего проявляется Аристотель-биолог. Здесь у него на первый план выступает параллелизм со ступенями органического. Человек, по Аристотелю, обладает растительной, животной и разумной душой. Первые две не только сосуществуют, но в известной мере вторая представляет собой продолжение первой, хотя идея развития, как таковая, была Аристотелю еще совершенно чужда (см. [21]). В отношении же разумной души было само собой разумеющимся, что она «придается» человеку извне. Наряду с этим, по существу, теологическим представлением психологически очень важна мысль Аристотеля о том, что под влиянием разумной души растительная и животная «облагораживаются»; в результате животная страсть трансформируется в целенаправленную человеческую деятельность. Единство бессмертной разумной души с ее нижними дубликатами оставалось для него загадочным.

Более поздние философские системы, главным образом идеалистические, продолжали и развивали идеи Платона и Аристотеля об уровнях психики (Фома Аквинский, Р. Декарт, И. Кант, А. Шопенгауэр, Ф. Ницше, А. Бергсон, Л. Клягес, М. Шелер, Н. Гартман и др.). Гегель был, по-видимому, первым, кто дал идее уровней обобщенное философское выражение. В «Философии природы» он писал: «Каждая ступень представляет собой своеобразное царство природы и все они кажутся имеющими самостоятельное существование, но последнее царство природы есть конкретное единство всех предыдущих, как и вообще каждая последующая ступень содержит в себе низшие ступени... Одна ступень есть власть над другой ступенью, и это — взаим-

³ Эти уровневые представления — как бы часть более общих представлений макрокосмоса и микрокосмоса, воплощенного в человеке. А. Я. Гуревич указывает в этой связи: «Микрокосм не просто малая часть целого, не только один из элементов Вселенной, но как бы ее уменьшенная и воспроизводящая ее реплика. Микрокосм мыслится в виде человека, который может быть понят только в рамках параллелизма «малой» и «большой» Вселенной. Тема эта, известная и на древнем Востоке, и в античной Греции, пользовалась в средневековой Европе, в особенности с XII века, огромной популярностью. Элементы человеческого организма идентичны элементам, образующим Вселенную» [19, стр. 52].

но... Неорганические ступени являются потенциями по отношению к индивидуальному, субъективному...» [15, стр. 36].

Однако при собственно психологическом подходе столь широкую философскую идею фактически реализовать было едва ли возможно. Вместо провозглашенного Гегелем универсального уровня принципа в психологии сохранялись те же традиционные уровни — два (тело — душа) или три (тело — душа — дух). Характерным примером в этом смысле служит концепция двух видов памяти А. Бергсона [5] — памяти привычки и памяти образной, причем первая, по Бергсону, связана с деятельностью мозга и есть принадлежность настоящего, вторая — свойство духа и проявление прошлого.

Концепция уровней психического получает особенно большое распространение в немецкой философской литературе первой половины XX в. В работах Л. Клагеса [100], О. Кро [105], М. Шелера [136—137], Н. Гартмана [78—80], Г. Гофмана [87], Р. Тиле [144—145], Ф. Лерша [110], Э. Ротхакера [131] и др. учитываются некоторые достижения естествознания, используемые в качестве основы для дальнейших теоретических построений, проводятся параллели филогенетического и онтогенетического развития, применяются данные характерологии. В целом, однако, эти работы носят умозрительный характер, а понятие уровней выступает в них как всеобъемлющая, идеалистически трактуемая философская категория, как средство построения абстрактной, внеисторической концепции личности. Клагес, Лерш, Ротхакер подчеркивают значение интроспекции в построении теории уровней. Н. Гартман стремится установить абстрактные законы категориального уровнеобразования (возвращения, изменения, новизны, отстояния) и категориальных зависимостей между ними (силы, индифферентности и т. д.). Во всех указанных работах, особенно у М. Шелера, высший уровень — уровень духа — толкуется как принципиально новое начало организации психического. Как и Платон и Аристотель, представители соответствующих концепций исходят из наличия двух или трех главных уровней: Э. Штранский [141] говорит о «тимопсихике» и «неопсихике», Краус [102] — о «глубинной» и «кортикальной» личности, Лерш — об «эндотимной основе» и «ноэтической» (личностной) надстройке. Попытки дать сложную и более соответствующую современному уровню схему уровней можно найти только у психопатологов (напр., у Клейста [101]); на этих попытках мы остановимся в разделе, посвященном применению уровневой концепции к патологии.

Взятая в таком широком, общеметодологическом плане, концепция уровней психики неоднократно и с различных сторон подвергалась более или менее обоснованной критике. Так, ряд авторов считает, что концепция уровней психики недостаточно обоснована методологически (см. [143]); интересно при этом, что некоторые критики одновременно исходят из по существу

еще картезианских представлений о протяженной и непротяженной субстанции (см. [85—86]). Другие возражают против слишком большой роли, которая отведена в уровневой концепции пространственным представлениям, в том числе и анатомическим [145, 108]. Третьи сосредоточивают свои критические замечания на отдельных частных проблемах, с их точки зрения неадекватно отражаемых уровневой концепцией [133] [134]. Ряд авторов подчеркивают момент близости, конвергенции, взаимопроницаемости уровней, что, по-видимому, ставит под сомнение правомочность их выделения и обособления [142] [133—135] [74—75] [129—130]. Известный английский психолог Г. Айзенк [72] считает, что уровневая концепция вообще не является психологической теорией, а представляет собой философские спекуляции; Ф. Матей [117] возражает против этого.

В отношении использования понятия уровней в современной науке, в том числе и в психологии, необходимо учитывать следующее. Как и понятие структуры, оно используется чрезвычайно широко — не только в языке науки, но и повседневной жизни, причем нередко его научное значение не уточняется. «Понятие уровня, несмотря на его расплывчатость, все же удобно для того, чтобы раскрыть сложность предмета... В социальных науках понятие уровня является фундаментальным, необходимым. Только оно позволяет увидеть сложность человеческой природы и примирить данные отдельных исследований, иногда весьма противоречивые» [39, стр. 223]. Фактически за понятием уровня предполагается сложное содержание, включающее в себя в качестве подчиненных понятия плюрализма, разграничения, динамизма, преемственности. Оно диалектично, ибо наряду с динамизмом предполагает относительную стабильность.

По нашему мнению, для обоснованного использования понятия уровней в психологии приведенных общих соображений недостаточно, для этого необходимо продолжить методологический анализ в специально-психологическом плане. Отметим собственно психологические особенности концепции уровней.

Во-первых, концепция уровней соответствует явной тенденции как психологии прошлого, так и современной широко использовать в качестве объяснительных (хотя бы на начальном этапе) не только понятия наглядно-образные, но и понятия, отражающие пространственные отношения («сфера», «расщепление», «дистанция», «отстояние»); как известно, К. Левин, который шире, чем кто-либо другой, использовал это обстоятельство, назвал свою теорию «топологической психологией» (подробнее об использовании пространственных понятий в психологии см. [144, 106]). В этом смысле на идею уровней психики наталкивают данные естественных наук, таких, как геология, ботаника, эмбриология. Конечно, психолог, говоря об уровнях, всегда помнит, что в отношении психики подобная пространственная схема есть всего лишь полезный вспомогательный прием.

не более. И, следовательно, пространственно и генетически намечаемые уровни психики — это не «этажи» и не геологические или ботанические «слои». Основное здесь: взаимное влияние, взаимодействие, взаимоотношение уровней, их изменение, «зародыши» высшего в низшем, и наоборот, перестройка низшего под воздействием высшего, роль изменений отдельных уровней в изменении общей структуры, трансферентность функций по уровневой структуре.

Во-вторых, концепция уровней соответствует и второй, не менее распространенной тенденции объяснения в психологии — к стремлению использовать альтернативные пары понятий, как, например, «сознательное — бессознательное», «структура — функция», «процесс — акт», «личность — состояние», «процесс — содержание», «функция — процесс», «функция — структура», «врожденное — приобретенное», «биологическое — социальное» и т. д. (подробнее об этом см. [64]). В этих альтернативных парах понятий имплицитно содержится представление об их взаимном отношении, и более того, это отношение есть фактически отношение двух различных уровней. В некоторых случаях, как в отношении альтернативы «функция — процесс», требуется специальный анализ (см. [41]) для подтверждения того, что в его основе лежит уровневое представление; в других случаях этот вывод очевиден. Особенно ясно это для альтернативы «сознательное — бессознательное» (зоны коры с оптимальной и пониженной возбудимостью, по И. П. Павлову, сферы автоматизмов и отчетливого сознания, по С. С. Корсакову и П. Жане, бессознательное у З. Фрейда и т. д.). Таким образом, представление об уровневой организации психики уже заложено в целом ряде основных психологических понятий.

Говоря об уровневой концепции в психологии, следует подчеркнуть еще один очень важный момент. Разветвленность применяемых в современной психологии методических приемов, широкий диапазон используемых вспомогательных технических средств имеют своим следствием то, что уровни исследования выступают в качестве «прикрытия» и вместе с тем в качестве методической формы выявления уровней психического. Первоначально в идеалистически-односторонней форме это нашло свое выражение у В. Вундта именно в период формирования психологии как экспериментальной науки. У него уровневая концепция не получила, правда, сколько-нибудь детальной разработки, и тем не менее — она здесь налицо. Согласно его взглядам, берущим начало в учении Г. Лейбница, ассоциации, образующие как бы первичный слой психического, его элементарные связи, направляются и организуются апперцепцией как психическим процессом более высокого уровня. При этом уровни психического выступают не столько сами по себе, сколько через методологическое и методическое ограничение области их исследования. Так, экспериментальная психология охва-

тывает лишь элементарные процессы, область, пограничную между психологией и физиологией («науки о природе»). Описательная же психология, изучающая высшие процессы, имеет своим предметом сознание, которое проявляется через язык, обычаи, предметы материальной культуры, служащие внешним условием реализации активности человеческого духа («наука о духе»).

В современной психологии такой «завуалированный» уровневый подход воспринимается как естественный и само собой разумеющийся. П. Фресс, взяв в качестве примера вербальный ответ, указывает, что его «можно анализировать на уровне передачи фоном электроэнцефалографической техникой или на уровне природы фоном, грамматической структуры, значения или просто-напросто впечатления, производимого на собеседника» [49, стр. 103].

Естественнонаучные обоснования понятия уровней психики

Можно было бы отнестись к введению понятия уровней в психологию всего лишь как к некоторому вспомогательному приему, как к удобной мыслительной схеме, если бы не большое число достоверных естественнонаучных свидетельств, дающих полное основание видеть в уровневой концепции результат не только донаучных, наглядно-образных представлений, но и — начиная с определенного периода — результат проникновения в психологию естественнонаучного подхода. Можно было бы игнорировать упомянутые выше аналогии как слишком отдаленные, но невозможно не считаться с теми естественнонаучными данными о строении и функциях центральной нервной системы, которые прямо и непосредственно свидетельствуют об уровневом строении психики.

Изучение нейрофизиологических механизмов дает, говоря словами И. П. Павлова, «канву», на которую затем «накладываются» данные психологии. В частности, данные нейрофизиологии предоставляют все более широкую и дифференцированную основу для развития и совершенствования уровневой концепции. Как известно, уже П. Кабанис (1799) различал три уровня центральной нервной системы: спинной мозг и стволовая часть — витальные регуляторные функции, промежуточный мозг (диэнцефалон) — область первичной (автоматизированной) интеграции сенсорных и моторных импульсов и новый мозг — целенаправленное поведение. В трудах И. М. Сеченова, Х. Джексона и Ч. Шеррингтона заложены основы концепции тормозящего регуляторного влияния высших нейрофизиологических уровней на низшие. На современном этапе нейрофизиологическая концепция уровней представляет собой сформировавшуюся, научно обоснованную объяснительную схему. Это подтверждают исследования различных функциональных систем. А. М. Аствацату-

ров [3] указал на наличие двух уровней эмоциональной сферы — таламо-протопатической и корково-эпикритической систем. Первая — филогенетически старая, примитивная, находящая выражение в неясных, неопределенных, безотчетных элементарных эмоциональных переживаниях приятного и неприятного; вторая — более сложная, дифференцированная, связанная со всей сложностью человеческих взаимоотношений и с особенностями познавательной деятельности. Примерно то же имел в виду и И. П. Павлов, разделяя эмоциональную сферу на собственно эмоции и чувства. При этом Павлов и его последователи подчеркивали регуляторную роль в эмоциональной сфере коры головного мозга.

С установлением уровневой структуры эмоциональной сферы связаны наиболее сенсационные открытия нейрофизиологии нашего времени — ретикулярной формации Г. Мэгун [34] и центров в лимбических системах переднего мозга и мозгового ствола Д. Олдзом и Р. Мильнером [36]. Их исследования, как и многих других ученых, применявших методику живящих электродов, свидетельствуют об уровневой структуре нервного субстрата эмоциональной сферы и самих эмоций. Обобщая результаты этих исследований, Мэгун [116] отмечает, что мозговые механизмы врожденного и эмоционального поведения занимают промежуточное положение в иерархической организации центральной нервной системы. Их распределение в цефалитическом конце мозгового ствола и в старой лимбической части направлено по восходящей на уровнях как сегментальных рефлексов, так и бульбарных механизмов, регулирующих витальные функции. В то же время это распределение отчетливо направлено по нисходящей в плане высших сенсомоторных функций, функций различения, абстрагирования и вербальных механизмов латерального неокортекса. Промежуточному анатомическому положению соответствует также промежуточный характер этих механизмов и в плане психического функционирования: последнее не является полностью бессознательным, однако связанные с ним субъективные состояния резко отличаются от тех, которые связаны с интеллектуальной деятельностью. Врожденные формы поведения осуществляются без усилий и, будучи пущены в ход, с трудом тормозятся; обусловленные действием этих механизмов переживания нередко оказываются недоступными для вербальной коммуникации.

Уровневая структура еще отчетливей выступает в отношении собственно познавательных функций и лежащего в их основе нейрофизиологического субстрата. Здесь нейрофизиологическое понятие уровня по существу синонимично понятию уровня интеграции. В работах Д. Хьюбела и Т. Визела [88—91], посвященных функционированию зрительного анализатора, отчетливо показано, что чем выше уровень данной афферентной системы, тем на более сложные и тонкие раздражители («паттерны возбужде-

ния» определенных рецепторов) реагируют ее нейроны. К подобному выводу пришел и Ю. Конорски. Подводя итоги своего исследования интегративной деятельности мозга, Ю. Конорски пишет: «Поскольку паттерны, воспринимаемые корой головного мозга, очень сложны, их интеграция должна осуществляться в несколько этапов, причем каждый из этих этапов дает все более и более сложные элементы, из которых составляется окончательный продукт восприятия. Так, в каждой афферентной системе можно различить промежуточные (транзитные) уровни, на которых создаются такие частные продукты, и выходные уровни, на которых интегрируются функционально значимые паттерны, готовые к использованию в ассоциативных функциях» [25, стр. 399]. Еще более общий вывод относительно нейрофизиологической иерархии функций сделан А. А. Меграбяном: «Новейшие исследования мозговых клеток посредством микроэлектродной техники, экспериментальные наблюдения нейрохирургов во время операций, анализ клинической картины психики при мозговых поражениях, проведенный психиатрами и нейропсихологами, — все это дало возможность обнаружить в анализаторах коры ряд иерархически расположенных зон, которые поэтапно осуществляют процесс активного отражения, предметного познания конкретных явлений окружающего мира» [33, стр. 8].

При прослеживании уровневой структуры нейрофизиологического субстрата гностических функций обнаруживается повторяющаяся схема двух различных по характеру функционирования и по степени дифференциации и прецизности механизмов. В таком плане могут быть интерпретированы нейрофизиологические данные о ретикулярной формации, оказывающей неспецифическое активирующее воздействие на кору головного мозга, в отличие от специфических воздействий, осуществляемых лемнисковой системой. На основе многочисленных данных Ю. Конорски приходит к выводу о том, что все гностические нейроны можно, по-видимому, разделить по меньшей мере на две группы: множество нейронов «грубой настройки», реагирующих на общие свойства объектов данного типа и множество нейронов, соответствующих частным особенностям объектов, характерным только для некоторых из них или даже только для одного. Можно предположить, что гностические поля имеют потенциальные связи с соответствующими полями более низкого порядка и что эти связи из потенциальных становятся актуальными в процессе приобретения индивидуального опыта. «Нам, однако, неизвестно, упорядочены ли эти потенциальные связи каким-то образом в процессе филогенеза или они совершенно «свободны» для последующего развития гностических полей под воздействием даже самых невероятных паттернов.

На основании сказанного можно, по-видимому, допустить, что эти поля подчиняются некоей иерархии и аналогично струк-

туре афферентных систем в целом компонируются из наложенных друг на друга уровней. Детали этой иерархической структуры полностью зависят от индивидуального или коллективного опыта людей, принадлежащих к одной социальной группе» [25, стр. 81].

Вычленению двух уровней — неспецифического и специфического функционирования нейрофизиологического аппарата — хронологически предшествовало детальное изучение явления «фигура и фон», поначалу считавшегося частной характеристикой восприятия. В настоящее время оно нередко рассматривается как выражение самых широких психологических закономерностей (см. [61]). Изучавшие это явление представители гештальтпсихологии искали ему объяснение в созданной ими теории психических структур. В контексте нашего изложения важно подчеркнуть, что при разработке этой теории гештальтпсихологам была чужда идея уровней. Точнее говоря, неизбежно выявившиеся при изучении «фигуры и фона» уровни сосредоточения и ясного восприятия переводились уже в совершенно иной, субъективный по отношению к спонтанно формирующейся структуре план. Таким образом, из духа и буквы учения гештальтпсихологии совсем не следовала расширенная трактовка явления «фигура и фон». Тем не менее такое расширение фактически имело место, и феномен «фигура и фон» лег в основу создания не только психологической, но и нейрофизиологической объяснительной схемы. Согласно этой схеме, в осуществлении акта познания имеет место функционирование двух нейропсихических механизмов: один из них обеспечивает общую и примерную «настройку» на данную более или менее обширную категорию объектов, к которой принадлежит и данный объект, а второй служит индивидуализации — отражению специфических свойств данного объекта. Именно эта схема как раз и была использована К. Гольдштейном. Ее подверг критике Л. С. Выготский в работе, посвященной проблеме развития и распада высших психических функций [13]. Нам, однако, важно зафиксировать другой, более общий момент: независимо от того, как конкретно будет строиться объяснение при углублении нейрофизиологического и психологического исследования, на определенном его этапе неизбежно возникает формальная уровневая схема, охватывающая оба аспекта исследуемого явления.

Приведенные естественнонаучные данные характеризуют дальнейшее расширение уровневой концепции. Вертикальное расположение принимает по сравнению с древней символикой несколько иной характер: более глубокое — это филогенетически раннее, врожденное, наследуемое, менее глубокое — позднее, приобретенное. Таким образом, уровневые представления смыкаются с эволюционными. Это обстоятельство отчетливо иллюстрируется историей психологии: начиная со второй половины XIX в. вся генетическая психология фактически опиралась на

уровневую гипотезу, непосредственно выводимую из эволюционной теории. Действительно, первые исследования развития психики у детей были осуществлены на основе известного биогенетического закона, хотя, как отмечает Л. С. Выготский [11], еще последователи И. Ф. Гербарта выдвигали требование о соответствии ступеней воспитания ступеням истории культуры (теория «культурных ступеней»).

Как известно, в формулировке Э. Геккеля биогенетический закон означал повторение филогенеза в онтогенезе, и в многочисленных психологических работах, принявших его за основу (С. Холл, Д. М. Болдуин и др.), эта идея осознается как повторение ребенком в его психическом развитии главных фаз биологического и культурно-исторического развития (в понимании, наиболее близком к исходному тезису, связанному с признанием решающей роли наследственности, культурно-исторические стадии должны были интерпретироваться биологически). Для своего времени эти идеи имели определенное положительное значение, ибо не только стимулировали интерес к собиранию и классификации большого фактического материала, но и способствовали сближению психологии с естественными науками. Однако уже первые попытки теоретического истолкования этого закона показали, что сам факт установления некоторых эволюционных и культурно-исторических параллелей вовсе не означает однозначного понимания их в плане установления уровней психики и движущих сил психического развития.

Неудача, постигшая попытки биогенетического истолкования психики, не остановила, однако, дальнейшего развития и детализации уровневой концепции. На основе прогресса в изучении центральной нервной системы вообще и головного мозга в частности место односторонне понимаемой исключительно функциональной связи биологического и психологического занимает более сложная, собственно структурная и вместе с тем более адекватная концепция сложных динамических нервных образований. Понятие функции (особенно в узколокализационистском смысле) заменяется понятием функциональной системы (П. К. Анохин), основанным на учении И. П. Павлова и А. А. Ухтомского и подтверждаемым большим числом нейрофизиологических и клинических исследований⁴. На базе этих исследований делается чрезвычайно важный для понимания существа структурно-урвневой концепции психики вывод о том, что отдельные элементы структуры не являются функционально жестко фиксированными и что характер их связи зависит от положения, занимаемого данным элементом внутри структуры. В силу внутренней логики учение о динамических структурах

⁴ Полный обзор их дается в работах А. Р. Лурия [31] в контексте опровержения как узколокализационистских учений, так и учений об эквипотенциальности клеток коры головного мозга.

оказывается в то же время концепцией уровневых структур. Как указывает А. Р. Лурия, «наиболее существенная черта функциональной системы заключается в том, что она, как правило, опирается на сложную динамическую констелляцию звеньев, расположенных на различных уровнях нервной системы, и что эти звенья, принимающие участие в осуществлении приспособительной задачи, могут меняться, в то время как сама задача остается неизменной. Как отметил Н. А. Бернштейн (1935, 1947, и др.), такая система функционально объединенных компонентов имеет не «метрическое», а «топологическое» строение, при котором постоянными, неизменными остаются начальное и конечное звено системы (задача и эффект), в то время как промежуточные звенья (способы осуществления задачи) могут изменяться в широких пределах» [31, стр. 22].

Таким образом, идея уровней психического неизбежно приводит к идее структуры. В следующем разделе мы попытаемся проследить вторую сторону этой зависимости — неизбежность апелляции к пониманию уровней при анализе структуры психики.

Развитие структурных представлений о психике

Как уже было отмечено, акцент на понятие структуры отражал в значительной мере реакцию на ассоцианизм, который до определенного момента представлял собой важное и продуктивное направление психологии. «Открытие атомов в физике, периодической системы элементов в химии, клеточного строения организмов в биологии укрепляли стремление найти простейшие элементы духовной жизни человека. Задача научного познания психических явлений усматривалась в том, чтобы разложить сознание на составные элементы, подобные атомам, и найти общий закон связи этих элементов, подобный физическому закону тяготения. Таким законом был объявлен закон ассоциаций в пространстве и времени и по сходству» [36а, стр. 38].

Отход от ассоцианизма и выдвижение понятия структуры соответствовали изменившемуся духу науки. Содержание этого понятия черпается психологией не только из своей собственной сферы, но и из других областей знания. По-видимому, структура получила терминологический смысл первоначально в математике во второй половине XIX в. Но даже здесь это понятие остается довольно аморфным: оно выражает «представление о чем-то скрытом, внутреннем, и в то же время включает представление о схеме, модели» [39, стр. 286]. Структурное объяснение предполагает возможность установления тех состояний, которые может принимать данная структура, а также совокупность способов и форм, с помощью которых это достигается, и условий, определяющих отбор соответствующих способов и форм. Структура как целостное образование противопоставляет-

ся «множеству элементов, природа которых не определена» [9, стр. 104]. Чтобы определить структуру, задают одно или несколько отношений, в которых находятся ее элементы (таким образом в математике получают структуры композиции, структуры порядка, топологические структуры). Как считают многие математики, в основе этих структур лежат неопределяемые интуитивные понятия; так, топологические структуры основаны на «интуитивных понятиях окрестности, предела и непрерывности, к которым нас приводит наше представление о пространстве» [там же, стр. 106].

Понятие структуры широко используется также в лингвистике (Ф. де Соссюр, Л. Блумфилд), в этнологии (К. Леви-Стросс), в социологии, экономике и т. д. Сопоставление значений этого понятия в разных науках позволяет «вынести за скобки» общий для всех них формальный компонент. В этом плане указывают на то, что в каждой структуре «воплощен некоторый отвлеченный направляющий принцип» [112], позволяющий рассматривать ее как целостность, единство, константность и видеть характер отграничения ее элементов друг от друга. Если рассматривать структуру с точки зрения целостности, то можно сказать, что она есть объединение на основе определенных отношений этих элементов; если же брать за исходное сами элементы, то в структуре можно выделить отдельные функциональные независимые отношения или их типы (см. [73]). Определяя содержание понятия структуры, М. Гравитц подчеркивает, что оно очень значимо «для современного состояния социальных наук. В эволюции физики, биологии, психологии за последние годы мы находим глубокие аналогии. Они выражаются в переходе от старых позитивистских концепций, характеризующихся своим чисто аналитическим подходом к действительности, к концепциям более синтетическим, рассматривающим всю совокупность элементов во взаимных отношениях и позициях, т. е. в том, что собственно и составляет понятие структуры» [39, стр. 291].

Одна из основных особенностей понятия структуры — это его исключительно широкий объем и огромное число точек соприкосновения с другими общими и близкими по содержанию понятиями, что создает необходимость их постоянной дифференциации. При анализе развития психологической теории такая необходимость возникает прежде всего в отношении понятия целостности⁵, ибо историческим фоном возникновения и упрочения понятия структуры в психологии была реакция на исчерпавшие себя положения ассоцианизма [83]. Следует, однако, помнить, что эта реакция не была однородной. Целостность мыслилась многими психологами конца XIX — начала XX в. не

⁵ Мы в данном случае разделяем трактовку целостности, данную В. Г. Афанасьевым [4], согласно которой целостность — это система, совокупность объектов, взаимодействие которых обуславливает наличие новых, интегративных качеств, не свойственных образующим ее частям.

столько как структура, сколько как неразложимое, диффузное единство переживания. Последнее особенно характерно для немецкой философии и психологии этого периода. В. Дильтей выдвигает в центр психологической теории исследование значения как отражения единого нерасчлененного переживания и всей психической жизни; этой изначальной целостности психического соответствует и особый метод ее изучения — метод понимания. Сущность психического как единства нерасчлененных актов переживания особенно настоятельно подчеркивалась Ф. Крюгером — основоположником идеалистической Лейпцигской школы психологии (см. [83]). Наряду с термином «целостность» здесь применялся и термин «структура», но в совершенно специфическом значении. Так, согласно Дильтею, человеческое существование может быть проанализировано на трех уровнях: на уровне телеологической (по существу, биологической) целостности, на уровне значений («понятных» связей интрапсихического) и на уровне установления общего и повторяющегося (структурные связи) (см. [68]).

Продолжение этих взглядов отчетливо прослеживается в современном экзистенциализме. Представители этого идеалистического направления видят задачу психологии не в исследовании жизнедеятельности или реальной человеческой деятельности, а в раскрытии характера переживания. С позиций экзистенциализма ни одно человеческое движение, даже самое автоматизированное — еда, ходьба, приветствие, речевые движения — не может рассматриваться иначе как в соотношении с «Я», в связи с определенными «системами координат», представляющим собой моральные, этические и эстетические нормы. Каждое движение есть отрезок жизненного пути, часть биографии (см. [154, стр. 14]). Экзистенциальный анализ действия начинается с указания на символически выраженные «структуры проживания», главная из которых — «путь», «шагание», т. е. сама жизнь. Из нее выводятся остальные, подчиненные структуры — «граница», «ранговое положение». Любое действие соотносимо с этими структурами. Так, простейший факт прихода человека в определенное время и в определенное место «есть реализация некоторых структур нашего проживания в мире: появления, встречи, существования в определенном месте» [155, стр. 765].

Понятия «структуры проживания» служат лишь первым уровнем экзистенциального анализа: они устанавливают нечто общее для человека и животного. Второй уровень — выделение специфически человеческого. Для экзистенциализма главное здесь то, что человек обладает способностью выйти из «структур проживания», подняться в «царство духа» и оттуда, из «парящей неподвижности», предаваться созерцанию.

Выход из «структур проживания» и вступление в «царство духа» обуславливают появление принципиально иных парамет-

ров для анализа существования. Человек знает о себе потому что возвышается над собой как над совокупностью упорядоченных в пространстве и времени «структур проживания». Эта концепция служит еще одним подтверждением того, что понятия структуры и «уровней» органически связаны друг с другом, но что в рамках идеалистически ориентированных психологических течений и школ связь эта остается нераскрытой.

В целом же для психологии использование понятия структуры является вполне закономерным. Действительно, даже самые ортодоксальные ассоцианисты никогда не останавливались на констатации возможных элементов психики, а стремились также установить и характер их связи. Уже В. Вундт не был, по существу, строгим ассоцианистом, когда утверждал главенствующую роль апперцепции и «творческого синтеза». Выражением этого стремления явился провозглашенный У. Гамильтоном и подхваченный затем Г. Гефдингом и Э. Б. Титченером тезис о природе памяти, согласно которому каждый психический элемент всегда имеет тенденцию восстанавливаться в том общем состоянии сознания, интегративную часть которого он составлял ранее; это же имел в виду Т. Рибо, подчеркивая важность для понимания существа памяти того процесса, который он назвал *restitutio ad integrum*. Титченер [146] первым ввел термин «структурная психология», противопоставив ее тогдашнему функционализму, главным представителем которого был У. Джемс. Согласно Титченеру, основная задача психологии состоит в выявлении методом интроспекции «чистых» элементарных состояний сознания (ощущений, образов, чувств) и их объединений. Несомненно, что при такой постановке проблемы понятие структуры оставалось сугубо умозрительным.

Для уточнения сущности структурного подхода важное значение имеет также разграничение понятий структуры и системы.

Б. М. Кедров пишет, что «главной характеристикой системы является тип того взаимодействия, в котором исходные части связываются между собой, образуя данный коллектив или данную систему» [24, стр. 142]. Как известно, относительно дифференциации понятий системы и структуры в литературе нет единой точки зрения. Н. Ф. Овчинников (см. [35]) считает (и его мнение в значительной мере справедливо), что под структурой следует понимать тот аспект системы, в котором отражается «единство ее элементов, отношений и целостных свойств, выделенных на основе принципов сохранения или инвариантности». Не отношения сами по себе составляют структуру, но только их тождественность [35, стр. 117]. Такое определение обоснованно, хотя и несколько ограничено по своему содержанию: «инвариантность» несет с собой еще такие дериваты значения этого термина, как, например, «специфичность», что всегда предполагает дальнейшее указание на иные объяснительные понятия. В целом же «структурный подход помогает сформулировать

принципы отбора необходимых отношений среди многообразия системных отношений» [там же, стр. 114].

В контексте нашего изложения в содержании понятия структуры следует отметить особо два момента. Во-первых, тот факт, что на современные научные представления большое влияние оказало содержание этого понятия, выработанное именно в психологии, точнее говоря, в рамках гештальтпсихологии. Во-вторых, тот момент, что закономерности системных отношений целостного объекта отыскиваются на пути формирования понятия структуры, выражающего те или иные инвариантные аспекты системы на уровне элементов и их отношений. К этим моментам, отмеченным Н. Ф. Овчинниковым, следовало бы, на наш взгляд, добавить принципиальную важность *динамического* аспекта системы, а также указать на *уровень функционирования* элементов. Все дальнейшее наше изложение, основанное на материале психологических исследований, должно служить доказательству этого положения.

Для современного этапа развития структурно-уровневой концепции в психологии определенное значение имеют понятия, разработанные в рамках общей теории систем. Это в первую очередь касается таких понятий, как «открытость» и «эквивифинальность».

Существенной характеристикой открытых систем является их эквивифинальность, особенно подчеркиваемая Д. Миллером [120]. Понятие эквивифинальности находит подтверждение в фактах строения центральной нервной системы (эквипотенциальность и избыточность), в закономерностях генетического плана (нивелирование индивидуальных соматических различий с выходом из периода младенчества, и главным образом в фактах пластичности поведения.

Подчеркивая значение для психологии понятий, разрабатываемых в общей теории систем, следует более подробно остановиться и на истории возникновения и развития понятия «структура» собственно в психологии. Как известно, терминологическое и реально-психологическое содержание понятие структуры получило в рамках гештальтпсихологии, изучавшей перцептивную организацию восприятия. Первоначально содержание понятия «качество гештальта», предложенного Х. Эренфельсом [70], сводилось к акцентированию следующего обстоятельства: «Если некое целое, например форма (в зрительном восприятии) или мелодия (в слуховом восприятии), состоит из частей, которые могут быть поставлены друг к другу в какое-то определенное отношение, то психологически особо важным оказывается именно целое, а не составляющие его части. Доказательством первичности в этом смысле целого служили в основном два момента. Во-первых, отдельные части, взятые сами по себе, не несут в себе качества целого, ибо вне его они «свободны» и, вступая в иные отношения, могут образовать совершенно иную целостность»; во-

вторых, особое свойство целостности образует возможность его транспозиции, т. е. относительно константного воспроизведения в различных «ключках». В этой ситуации естественно возникал вопрос, чем же является впечатление от целого, гештальт — переживание по отношению к тем впечатлениям, которые полагались элементарными, например порождаемыми отдельными цветами или тонами? Различные ответы на него имплицитно содержали в себе понятие уровней психики. Правда, в развернувшихся вокруг понятия термина «гештальт» дискуссиях термин «уровни» почти не фигурировал; главным тогда представлялся такой вопрос: если целое несводимо к составляющим его частям и, следовательно, само уже является чем-то новым, то что же представляет собой это новое? По существу, ответ на этот вопрос не был получен. То, что было предложено в качестве такового («единство сознания» у Р. Лотце, Т. Фехнера, Ф. Брентано; «психическая активность внимания» у Г. Гегдинга и О. Кюльпе; «апперцепция» или даже «творческая апперцепция», «творческий синтез» у В. Вундта и т. п.), представляло собой в конечном итоге не более чем умозрительные понятия или всего лишь ярлыки для обозначения чего-то, что не есть элементарное и не есть ассоциация. Эренфельс недвусмысленно заявил, что организация — это и есть новое, надстраивающееся над элементарным. Исходя из общеметодологических соображений, выдвинутых Э. Махом [32] и А. Мейнонгом [118], Эренфельс выдвинул тезис об обусловленности переживания целостности иными процессами, чем те, которые обеспечивают элементарные сенсорные впечатления; он подчеркивал, что последние представляют лишь сырой материал, из которого на высшем уровне психического конструируется целостность путем установления определенного отношения между частями.

Именно в этом моменте, т. е. в оценке уровневой отнесенности процесса восприятия целого, взгляды основоположников собственно школы гештальтпсихологии (Берлинской школы) отличались от взглядов их предшественника — Х. Эренфельса. Согласно М. Вертгеймеру, В. Кёлеру и К. Коффке, нет необходимости постулировать наличие процесса более высокого уровня для организации элементарных сенсорных впечатлений, ибо само восприятие есть вместе с тем организация: нервные импульсы, идущие от рецептора в кору головного мозга, взаимодействуют, усиливаются один за счет другого, интерферируют и таким образом самоорганизуются. Нет основания выделять в процессе восприятия как низшие (элементарные, базовые), так и высшие (организующие, структурирующие) уровни, ибо само восприятие все это несет в себе; восприятие не обладает свойством структурности, оно *есть* структурирование. Психология того времени прошла мимо третьей возможности, которая, однако, была уже прозорливо намечена Г. Гельмгольцем [82]; рассматривая восприятие как «бессознательное умозаклучение»,

он тем самым тоже ставил проблему структуры, но в ином, чем гештальтисты, смысле: имелось в виду структурирование, «пронизанность» низших процессов высшими, их уподобление высшим.

В противоположность точке зрения гештальтистов Г. Мюллер [122], а затем его ученик Ф. Шуман [138] всячески подчеркивали, что сложные образы восприятия представляют собой лишь комплексы, свойства которых могут быть полностью редуцированы к свойствам составляющих их элементов или отношений. Таким образом, до этого в общем-то не очень строго проводившееся различие терминов «часть» и «элемент» получило здесь принципиальную важность. «Элементарное» стало обозначать комплексный подход, а лишенная всякой самостоятельности, обретающая свое психологическое значение лишь через целое «часть» стала необходимым атрибутом гештальтистской теории.

Постулирование основоположниками Берлинской школы гештальтпсихологии не внешней структуры, не наличия высших организующих процессов, а именно самоорганизации переносит центр тяжести теории гештальтпсихологии на выявление факторов, способствующих (или, наоборот, препятствующих) образованию структуры, группировки. Среди этих факторов Вертгеймер выделял «периферические» факторы: пространственную близость, сходство, pregnance, замкнутость фигуры, симметричность, простоту и т. п. Специфическая природа этих понятий гештальтпсихологии с особой отчетливостью проявилась не столько в интерпретации восприятия, сколько уже за его пределами — в постулировании «инсайта» как внезапно и в общем-то независимо от предварительной подготовки складывающейся целостной структуры связей и отношений.

Наряду с утверждением такого рода имманентных факторов восприятия, независимых от прошлого опыта и научения, гештальтисты в какой-то мере признавали и роль этих, уже совершенно иной природы факторов. Вертгеймер указывал в данной связи на «центральные» факторы, явно противопоставляя их факторам «периферическим», хотя подобная терминология может легко ввести в заблуждение (фактически в обоих случаях речь идет о реакциях со стороны центральной нервной системы). Под «центральными» факторами он имел в виду степень знакомства и установку; известная роль отводилась им также фактору подкрепления, действующему по закону эффекта. Тот же инсайт, наряду со своей специфичностью, характеризуется и со стороны общих закономерностей научения — хорошей ретенции и переноса. Принимая во внимание факторы научения наряду с собственно структурными, Коффка признавал, что восприятие протекает качественно иначе при условии называния и категоризации воспринимаемого. Таким образом, хотя основные понятия гештальтпсихологии не допускают уровневой интерпретации, последняя и здесь находит свое отраже-

ние (как мы уже подчеркивали, «уровни» при гештальтистском подходе относятся прежде всего к субъективному аспекту восприятия).

В литературе неоднократно отмечалось, что все понятия гештальтпсихологии (в том числе главное из них — понятие «структуры») имели явную тенденцию к расширению, универсализации и выходу не только за пределы собственно восприятия (в область мышления и памяти — Коффка, Кёлер, Вертгеймер, К. Дункер, чувств и потребностей — К. Левин, психологии развития — Коффка, психофизиологической проблемы — Кёлер), но и за пределы самой психологии — в область теоретической физики (Кёлер) или экономических отношений (Вертегеймер). Впрочем, как мы уже видели, эта тенденция характерна не только для гештальтпсихологии. В других областях и в иных научных контекстах понятие «структура» тоже, как правило, получает расширенное истолкование.

На современном этапе, когда гештальтпсихология как особое течение психологической науки уже, пожалуй, не существует, ее понятия, теряя свою специфичность, все более сближаются с понятиями общей психологии. Центральный тезис гештальтпсихологии о полном доминировании целого над частями не выдержал последующих экспериментальных проверок (см., напр., [52]). В то же время в ряде случаев понятия гештальтпсихологии сыграли конструктивную роль при интерпретации сложных феноменов восприятия и мышления. Так, в работе А. Мишотта [119] было показано, что понятие физической причинности, по крайней мере механической, в определенной форме наличествует в самом акте восприятия и допускает истолкование в терминах гештальтпсихологии. Школа генетической эпистемологии (Ж. Пиаже) использует результаты работ гештальтпсихологов для обоснования операциональных и формальных структур мышления; правда, при этом понятия гештальтпсихологии подвергаются коренной переработке.

Стремление гештальтистов придать понятию структуры операциональный и вместе с тем широкий характер находило выражение в том, что это понятие раскрывалось, конкретизировалось через ряд других. Здесь следует в первую очередь указать на понятие поля, в котором, помимо всего прочего, выражается свойственный всему этому направлению физикализм. Полемицируя со сторонниками бихевиористского подхода к поведению, Коффка указывал, что поведение — это не сумма отдельных ответов на отдельные стимулы; оно осуществляется внутри «психологического поля», направляется силовыми линиями этого поля наподобие того, как это имеет место в гравитационном или магнитном полях. «Поле», как и «структура», характеризуется динамической саморегуляцией импульсов от воспринимаемой стимуляции (паттернов). В чисто пространственном представлении структура оказывается даже только частью поля. «Полюса» этого по-

ля составляют, согласно Коффке, психологическая структура «Я» и психологическая структура окружения; в процессе развития, когда происходит вычленение, кристаллизация обеих полусных структур, каждая из них дробится еще и на отдельные подструктуры.

Понятие психологического поля приобрело особенно принципиальное значение в работах К. Левина. В его концепции это уже не столько поле зрительного восприятия, сколько общее структурирование, психологическое (можно даже сказать — социальнопсихологическое) окружение, в свою очередь структурирующее все психические процессы индивида и его личности в целом: «Поле...— это жизненное пространство, включающее личность и ее психологическое окружение» [113, стр. 2]. В понимании Левина заполняющие поле объекты характеризуются по отношению к личности определенной — положительной или отрицательной — валентностью. Внутри поля эти валентности реализуются как силы притяжения и отталкивания («векторы»). Результирующие акты поведения индивида есть равнодействующая этих векторов. Неосуществление какого-либо акта поведения может произойти из-за наличия «барьеров», «перегородок», «границ». Сами по себе они не имеют валентности, и их противостояние тому или иному «вектору» начинается с момента приложения усилия. Числом и устойчивостью границ между подструктурами личности («сферами») определяется ригидность как одна из важнейших ее динамических характеристик. В качестве математического аппарата для построения своей теории Левин использовал топологию (репрезентация структуры жизненного пространства) и векторный анализ (репрезентация структуры мотивационной сферы) (см. [114—115] [109]).

Несомненно, взгляды гештальтистов наложили отпечаток на последующее понимание структуры в психологии. Однако вследствие уже отмеченной тенденции к расширению объема этого понятия к настоящему времени оно, распространившись далеко за пределы изучения восприятий, в значительной мере утратило свой первоначальный гештальтистский колорит и стало привычным не только в теории лабораторного эксперимента, но и в генетической, социальной психологии и патопсихологии, а также служит важным связующим звеном между психологическим и физиологическим исследованием. В психологии, таким образом, понятие структуры приобрело исключительно широкое значение. Так, в работе У. Р. Гарнера под структурой психики имеется в виду «вся совокупность отношений элементов» [73, стр. 141]. Структура как объект психологического исследования, особенно с помощью математического аппарата теории информации, исходит, по его мнению, из понятия неопределенности. Здесь, как видим, имеет место своеобразное обратное развитие содержания понятия: первоначальное стремление к дифференцированию системы и структуры сменяется вновь их фактиче-

ским неразличением. В этой связи нельзя не согласиться с Н. Ф. Овчинниковым, который подчеркивает, что «системный анализ позволяет отыскивать элементы системы и их взаимоотношения. Однако возможность различных системных представлений одного и того же объекта открывает путь не только к всестороннему анализу, но и к произвольной интерпретации объекта познания. В силу этого нередко объект как некоторая объективная целостность исчезает из рассмотрения и остается лишь предмет исследования, определяемый лишь условиями данной задачи» [35, стр. 140].

Неумение учесть это важное методологическое обстоятельство приводит к тому, что характерная для современной зарубежной (главным образом американской) психологии тенденция анализировать личность исключительно как формальную систему переменных, а в теории личности видеть лишь часть общей теории систем, нередко оказывается неадекватной именно в силу невозможности раскрытия в ее рамках реального психологического содержания системных понятий. Так, постулируя необходимость системного изучения личности. Г. У. Олпорт пишет о ней как о системе — «комплексе взаимосвязанных и взаимодействующих элементов» [53, стр. 567]. Едва ли можно ограничиться столь общей дефиницией, ибо реальное психологическое содержание составляющих систему элементов может быть глубоко различным, более того, настоятельно требующим разъяснения. Это и «действия» [148], и некоторые виды «функциональной активности» [123] и «подструктуры» [120, 54]. Э. Энгайл [54, стр. 15] подчеркивает, что структурные элементы «не совпадают с физиологическими или психологическими единицами», однако не указывает, что же они представляют собой на самом деле.

Возможность интерпретировать психологические понятия полностью в рамках общей теории систем остается на сегодняшний день дискуссионной: одни, как, например, Д. Миллер [120], отстаивают такую возможность, другие, например, Р. К. Бэк отрицают ее [62].

Все это в какой-то мере оправдывает нередко высказываемое мнение о том, что структурно-уровневый подход не есть, собственно говоря, объяснение психического, а представляет лишь указание, гипотезу о том, в каких терминах это объяснение можно и желательно было бы сделать [112]. Наряду с этим, как считают некоторые авторы, структурная гипотеза в психологии влечет за собой необходимость введения ряда других гипотез, например, понятия психической энергии. Так, Д. Миллер пишет, что «системы — это взаимосвязанные пространственно-временные комплексы, предполагающие энергетическое взаимодействие как между их находящимися в функциональных отношениях частями, так и между системой и ее окружением» [120, стр. 154]. Действительно, основные структурно-уровневые тео-

рии, в частности П. Жане, З. Фрейда, К. Гольдштейна, Э. Энгайла и др., связаны с принятием этого допущения. Однако понятие психической энергии оказывается очень неопределенным. Фактически под ним имеется в виду изначально присущая психике телеологичность, стремление достичь некоторого состояния. Если Фрейд видел ее первоначальное воплощение в принципе удовольствия, то Энгайл считает, что структурирование направлено на достижение двух взаимосвязанных и в то же время противоположных по своей сущности состояний — «автономии» и «гомониимии» [54—55]. Под первым имеется в виду достижение внутреннего единства и самовыражения, под вторым становлением этого единства в качестве подсистемы в отношении более широкой системы. К. Гольдштейн [76] в своей «организмической» теории стремится доказать (в отличие от З. Фрейда), что напряженность как структурирующий фактор создается взаимоотношениями не внутри структуры, а только структуры и ее окружения.

Не углубляясь в более детальное рассмотрение обоснованности всех этих дополнительных к принятию структуры допущений, следует все же постоянно иметь в виду, что важной (и очень ценной) особенностью понятия структуры как инструмента анализа психики является возможность выведения из него ряда других важных понятий, без которых этот анализ невозможен. Это такие понятия, как цель, задачи и мотивы деятельности, уровни действия и т. д. После разработки этих понятий понятие структуры обретает более глубокое содержание.

Итак, приведенные данные с достаточной убедительностью свидетельствуют о том, что структурно-уровневые представления — это нечто большее, чем вспомогательный прием, удобная мыслительная схема; это в известной мере схематизированное, но адекватное выражение реально существующих взаимоотношений как экстра-, так и интрапсихического. Проблема, по видимому, заключается в том, чтобы установить специфическое для психологии содержание понятий структуры и уровней. С нашей точки зрения, в основу ограничения понятий структуры и уровней как специфических для психологии должны лечь следующие соображения.

Внешняя среда, воздействующая на человека, не есть сумма отдельных стимулов, а множество симультанных и сукцессивных структур, организованных по объективным законам этой среды — физическим, биологическим или социальным. Предметы и явления внешнего мира представляют собой в этом смысле комплексы раздражителей — зрительных, осязательных, обонятельных, слуховых; типичным *комплексным* раздражителем является слово, речь. Вместе с тем структурная организация психики — это отнюдь не однозначное повторение структуры внешней стимуляции. Об этом свидетельствует хотя бы такое важное обстоятельство, как опосредующая роль обобщенных пред-

ставлений в процессе формирования понятий и суждений [99], что совпадает с мыслью И. П. Павлова о «группированном представительстве» в нашем сознании предметов реального мира. Эти обобщенные представления, в свою очередь, связаны со словом, которое выступает, следовательно, уже не просто как комплексный раздражитель, но и как носитель значения; последнее уже не есть часть этого комплекса, а выводится из всей системы данного языка.

С нашей точки зрения, понятия структуры и уровней обладают наибольшей ценностью для психологии там, где они непосредственно смыкаются с близким понятием механизма. Как известно, понятие «механизм» в отношении к центральной нервной системе было разработано А. А. Ухтомским [47] и развито Н. Н. Бернштейном [6]. Уже в принципе доминанты Ухтомского реализуется идея физиологической интеграции, объединения в общей функции различных органов тела. Понятие механизма было призвано ответить в первую очередь на вопрос о том, почему животный организм вообще и человек, в частности, оказывается в состоянии двигаться в строго определенном направлении и не реагировать на огромное число внешних раздражителей, поступающих на его рецепторы из внешнего мира? Принцип исключения всех видов движения, кроме одного, дает возможность анализа направляемого и регулируемого центральной нервной системой человеческого действия даже в условиях его 107 степеней свободы (хотя, как известно, уже 6 степеней свободы определяют безграничную свободу движений в трехмерном пространстве).

Из рассмотренных фактов и положений, в той или иной мере служащих раскрытию содержания понятий структуры и уровней в психологии, можно заключить, что они представляют лишь некоторые предпосылки собственно психологической структурно-уровневой теории. В них отсутствует самое необходимое для придания им статуса специальной психологической теории; поскольку на их основе еще нельзя судить о сущности и функционировании того психологического механизма, благодаря которому возможно подвести деятельность человека и регулирующие ее процессы под понятия структуры и уровней⁶. Как мы отметили, принятое в психологии описание и объяснение в альтернативных парах типа «бессознательное — сознательное» обычно уже имплицитно содержит указание на уровневую структуру. Однако при более детальном анализе становится ясным, что в них не раскрывается составляющая структуру уровневая динамика. Скорее можно констатировать обратное: альтернативы подобного рода служат разграничению, сепарации обозначаемых явлений, указанию на их гетерогенную природу. Такова,

⁶ Не делая различия между этим общим представлением и собственно концепцией уровневой структуры, А. В. Халецкий [50] допускает, с нашей точки зрения, ошибку.

например, упоминавшаяся ранее концепция двух видов памяти А. Бергсона. Можно привести пример и из области теории мышления. Как считают многие современные исследователи, в процессе формирования понятий реализуются два гетерогенных механизма: один — по типу «стимул — подкрепление — реакция», другой — по типу «выдвижение гипотез» (см. [93] [140] [151] [63] [107] [103] [128] [111]). Даже в тех случаях, когда постулируется уровневое строение структуры, указаний на такие механизмы может и не быть (Р. Декарт, А. Бергсон). Характерно, что представители бихевиоризма, вслед за К. Л. Халлом [92], под иерархической организацией имеют в виду следующее: поскольку на одну и ту же стимуляцию возможны разные ответы, их частота составляет иерархию (см. [69, с. 18]).

Рассмотрим теперь те теоретические концепции, в которых проявляется иная, гораздо более перспективная тенденция — поиск механизма, обеспечивающего уровневую динамику внутри структуры.

Этапы формирования собственно структурно-уровневой концепции

Анализу формирования собственно концепции уровневой структуры психики необходимо предпослать некоторые замечания. Следует помнить, что структурно-уровневый подход есть в значительной мере формальная объяснительная схема, и, следовательно, ею может охватываться несколько теорий, по своему существу довольно сильно различающихся друг от друга. Далее, как уже отмечалось, эту теорию (или, вернее, группу теорий) никак нельзя считать уже сформировавшейся. И, наконец, имея в виду огромное число и разнообразие психологических исследований и теоретических концепций, выделение собственно структурно-уровневой теории из предваряющих ее и близких к ней уровневых и структурных представлений оказывается в ряде случаев довольно трудным и искусственным.

Из анализа ряда рассмотренных ранее работ может сложиться впечатление, что структурно-уровневая концепция как бы привносится в психологию извне, является чуждой психологии, но приспособляемой для нее схемой. Такая оценка была бы неверна. Привлечение некоторых общих схем действительно имеет здесь место, но важно подчеркнуть, что структурно-уровневая концепция твердо опирается на собственно психологические данные, не надстраивается над психологическими фактами, а естественно следует из них. Она вырастает в результате раскрытия тех психологических механизмов, которые могут лежать в основе динамики уровней функционирования внутри той или иной структуры. Приведем некоторые факты, которые подтверждают это с достаточной определенностью.

В области зрительного восприятия известны работы А. Пьерона [125], показавшего, что оно представляет собой функцию,

возрастающую по сложности — освещенность, цвет, форма. В условиях нормы все эти функциональные уровни интегрируются в предметном восприятии.

Взаимоотношения и взаимозависимости уровней еще более детально проанализированы в отношении функций памяти и мышления. Так, П. П. Блонский [8], выделив четыре основные формы памяти — двигательную, эмоциональную, образную и смысловую, — стремился рассматривать их, во-первых, как генетическую и, во-вторых, как уровневую последовательность. Большое место уровневой структуре памяти уделяют французские авторы. Еще П. Жане [96], резко разделив органическую память («память-привычку») и память социальную, показал их взаимное отношение. Ж. Делей [67] стремился раскрыть уровни памяти в процессе онтогенетического и филогенетического развития. Он считает, что первые два года у ребенка развивается сенсорная память, когда благодаря механизмам условных рефлексов, путем проб и ошибок у него вырабатываются основные гностические и практические навыки. Первые отрывочные воспоминания относятся к возрасту 2,5—3 лет, т. е. к началу развития аутической памяти. Что это у ребенка именно аутическая память, а не память более высокого уровня, подтверждается; по мнению Делея, плохим различием прошлого и настоящего, отсутствием различия между правдой и вымыслом; развитие памяти у некоторых олигофренов не идет дальше этих двух ступеней. Период 3—6 лет — это период фабуляции, в течение которого осуществляется переход к высшему — социальному уровню памяти. Ее формирование относится к началу школьного обучения, когда простое повторение и фабуляция постепенно сменяются рассказом, ориентированным во времени и структурированным по объективным, социально-значимым опорным пунктам. Память высшего уровня становится доминирующей, ведущей по отношению к памяти более низкого уровня.

Следует отметить, что французские авторы очень (если не сказать слишком) широко полагаются на гипотезу параллелизма онтогенетического и филогенетического, точнее филогенетического и исторического развития. В нашей литературе это нашло свое отражение в книге Л. С. Выготского и А. Р. Лурия [14].

С несколько иной точки зрения к вопросу уровней памяти подходит известный французский психиатр А. Эй [71]. Для него основным критерием уровня памяти является степень осознанности воспоминания. Так, первый уровень, согласно Эйю, характеризуется фиксацией воспоминаний в бессознательном, хотя и здесь несомненна комплексная синтетическая деятельность всей совокупности психических, связанная с интересами, чувствами, стремлениями, установками личности. На втором уровне происходит бессознательная организация воспоминаний и подавление эффективных импульсов — «конституирующая память», «мнестический потенциал — необходимый промежуточный уровень для

перехода на последующий высший уровень, но сам по себе еще не составляющий памяти». Наконец, третий уровень — «извлечения из бессознательного», экстрагирования, воспроизведения. Это и есть собственно память, предполагающая использование пространственно-временных координат, выработанных в социальном опыте, и осознание воспоминания как такового, отражение прошлого именно как прошлого. Связанный, как утверждал П. Жане, с поведением, этот уровень памяти предполагает активное установление «степени реальности», взятой по оси времени (реальность настоящего, реальность прошлого, реальность воображаемая и т. д.), и столь же активное оперирование прошлым по отношению к настоящему, т. е. к моменту произнесения речи. Этот уровень предполагает также забывание, ибо вспомнить можно только забытое; поэтому дремлющее в бессознательном выступает как возможное по отношению к самому воспоминанию.

В общем, вся память, по мнению Эя, совпадает с понятием становления личности, а то, что мы обычно подразумеваем под актом воспоминания, есть только выход на поверхность результатов предшествовавшей работы, осуществлявшейся на нижележащих уровнях, репрезентирующих непрерывную связь настоящего с прошедшим; при этом каждое воспоминание есть «отзыв» (*garrel*), обусловленный тем «призывом» (*appel*), с которым внешний мир обращается к каждому моменту нашего существования [там же, стр. 6].

В ряде работ реализуется уровневый подход к анализу мышления, главным образом процесса формирования понятий. Тот очень важный для психологии факт, что в процессе формирования понятий отчетливо выявляется определенная уровневая структура, был впервые подробно изложен в трудах Т. Рибо, особенно в «Эволюции общих идей» [40]. Согласно Рибо, процессы отвлечения и обобщения могут осуществляться на трех различных по степени развития уровнях (стадиях): низшие абстракты, предшествующие появлению речи, средние, в обозначении которых слово играет вспомогательную роль, и высшие, возможные только благодаря словесному обозначению. У этих процессов есть и вторая, также связанная с иерархией особенность, зависящая от соотношения субъекта и объекта.

На низшей ступени процесс отвлечения может быть инстинктивным, произвольным, в большей степени детерминированным объектом, на второй — обдуманном, произвольным, зависящим уже не столько от объекта, сколько от субъекта. Способность к отвлечению, оставаясь в принципе одной и той же, на своих низших уровнях есть необходимая часть восприятия и представления; дальнейшее развитие идет от чисто индивидуальных образов к образам обобщенным, формирующимся в результате повторяющегося опыта, к различным по степени обобщения понятиям. Последние (и в этом их принципиальное отли-

чие от обобщенных образов) есть уже результат предшествовавшего суждения.

Рибо подчеркивал роль автоматизированных, бессознательных компонентов в процессе формирования понятий. Человек, по его мнению, усваивает понятия точно так же, как он научается танцевать, фехтовать, играть на каком-либо музыкальном инструменте. В формировании и усвоении понятий основную роль играет навык, в котором проявляется организованная память. За общими терминами стоит существование некоторого организованного, потенциально развертываемого знания; оно составляет тот скрытый «капитал», без которого мы оказались бы банкротами, пользующимися фальшивыми деньгами или какими-то ничего не стоящими бумажками. Общие идеи, подчеркивал Рибо,— это навыки (привычки) в области интеллекта. Наиболее отработанный интеллектуальный навык реализуется без усилий. Другой психолог, труды которого приходится примерно на тот же период, К. Грос [18], писал о «потенциальных понятиях», подчеркивая, что их генезис имеет место еще на уровне установок для привычного реагирования.

Большое значение для уяснения уровневой структуры психики на материале процесса формирования понятий имела работа Н. Аха [51]. Как известно, в своем анализе этого процесса Ах сделал очень важный шаг вперед, указав на подчиненность его характеру решаемой испытуемым задачи. По Аху, образование понятия строится не по типу ассоциативной цепи, где одно звено влечет за собой связанное с ним в прошлом опыте другое, а по типу целенаправленного процесса, который состоит из ряда операций, играющих роль средств по отношению к решению основной задачи. Следует напомнить в этой связи, что анализ сущности орудия, средства, знака в качестве компонента как реального, внешнего действия, так и действия внутреннего, занимает очень видную роль в построении теории советской психологии, главным образом в области функционирования памяти. Это работы Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, А. Р. Лурия [12—13] [27—28] [30—31].

Широко известны ступени (уровни) обобщения, намеченные Л. С. Выготским в 5-й главе «Мышления и речи» [12], на основе применения модифицированной методики Н. Аха. Выготский сводил процесс формирования понятия у детей к последовательному изменению функционального употребления знаков, слов, служащих средством направлять психические процессы на решение определенной задачи. Генетически, согласно Выготскому, формирование понятия идет по трем восходящим уровням, начиная от образования неопределенного и неупорядоченного множества и далее к комплексам отдельных конкретных предметов, устанавливаемых на основе объективных и обычно разнообразных, разноплановых связей (эта ступень подразделяется, в свою очередь, на пять основных форм или типов объединения—

ассоциативный, коллекционный, цепной, диффузный и псевдопонятийный). При образовании связи по типу псевдопонятия фактически функционируют те же комплексы, но благодаря сложившимся независимо от индивидуального опыта значениям слов эти комплексы объединяются по тем же признакам, по которым могло бы сформироваться и понятие.

Мышление в понятиях предполагает, помимо объединения, еще и выделение, абстрагирование, изоляцию отдельных элементов, признаков и оперирование ими вне той конкретной, фактической связи, в которой они были представлены в опыте. Абстрагирование разрушает конкретную ситуацию, конкретные связи. Собственно понятие возникает тогда, когда вновь — уже на новой основе — синтезируются абстрагируемые признаки, затем выделяется объединенная по одному общему признаку группа предметов, и в этом процессе решающая роль отводится использованию слова, речи.

По-видимому, процесс формирования понятий представляет наиболее полную возможность выделения определенных уровней функционирования и прослеживания переходов между ними. Мы уже отмечали наличие в современной психологии двух основных школ в анализе этого процесса. Однако некоторые исследования свидетельствуют о том, что имеющиеся данные можно достаточно единообразно интерпретировать с точки зрения структурно-уровневой концепции. Как было показано в работах А. В. Соловьева [45], механизмы «суммации» и «формирования гипотез», рассматривавшиеся в качестве гетерогенных, фактически представляют собой два уровня одной и той же функции.

И, наконец, если брать в более широком плане соотношения психологических механизмов чувственного познания и познания рационального, непосредственно связанного с функционированием языка, то здесь прежде всего следует сказать об идее И. П. Павлова о первой и второй сигнальной системах [37, стр. 195—234, 320—349].

Таким образом, при анализе закономерной динамики важнейших психических процессов ясно выступает возможность их структурно-уровневой интерпретации. Проследим теперь историю становления собственно структурно-уровневой концепции.

Структурно-уровневая концепция в прямом смысле этого термина имеет не очень длительную и достаточно ясно прослеживаемую историю. Ведущий представитель этой концепции — П. Жане [97] указывает, что одним из первых, кто ее сформулировал, был французский философ начала XIX в. Т. С. Жюффруа [98]; факт этот представляет, пожалуй, лишь исторический интерес. Жюффруа продолжил лишь идеалистические учения В. Кузена, И. Канта, Ф. П. Мэн-де-Бирана и шотландской школы философии. Во главу угла он поставил изучение фактов сознания исключительно путем самонаблюдения и вне их связи с внешним миром, поэтому едва ли правильно считать Жюффруа

родоначальником психологической теории уровневой структуры. В действительности структурно-уровневая концепция возникает лишь в конце XIX в. Однако на одно замечание Жане следует обратить особое внимание. Почему структурно-уровневая концепция не могла возникнуть раньше — хотя бы в философски отвлеченном и умозрительном виде?

Как подчеркивает Жане, во второй половине XIX в. резко изменилось положение в психологии, «позитивизм торжествовал над эклектическим спиритуализмом, атомизирующий ассоцианизм уступил место динамизму и волюнтаризму... кроме того прогресс физиологии повлек за собой возникновение идей о функциональной дифференциации и о локализации функций в мозгу». Ученые, представлявшие этот период, «вернулись к идентификации ощущения и образа, что было поставлено под сомнение более ранними авторами»; эта идентификация основывалась прежде всего на том, что как ощущение, так и образ «имеют одну и ту же локализацию в мозгу» [97, стр. XII—XIII].

В конце XIX в. структурно-уровневая концепция возникает именно как конкретная естественнонаучная, точнее говоря, как психоневрологическая гипотеза. Автором ее был английский невролог Х. Джексон [94], работы которого были продолжены его учеником Г. Хэдом [81]. Джексон подчеркивал, что уже самое строение центральной нервной системы свидетельствует о сложном многоуровневом представительстве в нем различных психофизиологических функций⁷. По его мнению, имеется по меньшей мере три уровня, по которым группируются нервные центры: нижний (спинной мозг и варолиев мост), средний (моторная область коры) и высший (префронтальная область). Нижний уровень обуславливает элементарную двигательную активность, средний — более сложные координированные движения, высший уровень связан со сложной целенаправленной деятельностью. Каждый из этих уровней двигательной активности сочетается с работой сенсорных центров. Теория Джексона была ярким выражением эволюционизма в неврологии и психиатрии. Он считал, что в основе развития уровней лежат процессы эволюции, неизбежно ведущей к усложнению, дифференциации и специализации функций, к переходу от гомогенного к гетерогенному (К. М. Бэр).

Понятие интеграции функций как результата эволюции стоит в центре учения Джексона. Под интеграцией он понимал формирование в процессе развития сенсомоторных функций такой системы связей, которая обуславливает все более сложное поведение человека (спонтанная активность, мышление, символические действия). Высший, наиболее сложный уровень является наименее организованным в том смысле, что в нем с наи-

⁷ В нашей неврологической литературе для выражения этого же понятия И. Н. Филимонов [48] применял термин «многоэтажное» представительство функций.

большей интенсивностью продолжается процесс «внутренней эволюции», связанный не только с развитием и усложнением природных функций, но и зависящий от индивидуального опыта, от внешних условий. Таким образом, Джексон не только впервые поставил гипотезу уровней на твердую естественнонаучную основу, но и, преодолевая господствовавшие в его время концепции ассоцианизма, в своем учении об интеграции и диссоциации показал качественные особенности различных уровней развития центральной нервной системы.

Более детальный анализ взглядов Джексона неизбежно связан с привлечением данных патологии. Здесь мы скажем лишь, что при всей глубине проникновения в сущность функционирования психики, концепция Джексона как в целом, так и в своих отдельных положениях мало соответствует современным воззрениям. Отмечая общность взглядов таких неврологов, как П. Мейнерт, К. Вернике и Х. Джексон, А. В. Снежневский подчеркивает, что для них психическая деятельность выступает лишь как результат внутримозговых отношений; Джексон «считает вполне развитую психическую деятельность результатом интегративной деятельности различных уровней головного мозга, а психоз — распадом, диссоциацией этой единой интегративной деятельности, и у него психоз и психическая деятельность, в конечном счете, рассматриваются как плод внутримозговых отношений» [44].

Большую роль в постепенном превращении уровневой гипотезы в психологическую теорию сыграли работы главы французской школы Т. Рибо. Как мы видели, Рибо еще придерживался традиционного для своего времени функционального деления психики и внутри каждой из отдельных функций внимания, воображения и, главным образом, памяти, мышления и эмоций он стремился наметить определенную уровневую структуру⁸.

Ученик Рибо, другой представитель французской школы — П. Жане, предпринял попытку создания всеобъемлющей структурно-уровневой концепции; в ней традиционное деление психических процессов было заменено рядом новых категорий, содержание которых раскрывалось в рамках разработанной им системы. Эта система началась с его первой большой работы «Психический автоматизм» [19a]. Теория Жане имеет биолого-психологический характер и ее можно было бы обозначить как теорию «функциональных уровней». Уровни, по Жане, — это поведенческие акты различной степени сложности, прослеживаемые от низших к высшим. Первый уровень — рефлекторный, с высокой степенью интенсивности внешней стимуляции. Второй уровень — «перцептивного» действия, т. е. актов

⁸ По современным взглядам, установленный Рибо закон обратного развития памяти (*loi de regression et de reversion*) следует рассматривать в контексте психической патологии (см. [42]).

поведения, обусловленных сложными целостными внешними объектами. Третий уровень Жана обозначает как социально-психологический (точнее было бы назвать его коллективно-психологическим); здесь поведение индивида начинает регулироваться его отношением к другим индивидам. Четвертый уровень — интеллектуальный, на котором уже совершаются элементарные действия по созданию и использованию продуктов труда. Этот уровень характеризуется свойством обратимости операций (идея, разработанная впоследствии в генетическом плане учеником Жана, не менее знаменитым, чем его учитель — Ж. Пиаже). Далее следует пятый и шестой уровни действия, обусловленные непосредственной верой и размышлением; под первым Жане имеет в виду главным образом влияние со стороны языка, под вторым — логические операции. Седьмой уровень — это уровень экспериментальных действий и сознательного использования прошлого опыта. Восьмой — уровень действий, связанный с осознанием случайности, свободы и прогресса. Взаимоотношение действий, относимых к каждому уровню, составляет в конечном итоге личность, индивидуальность человека. Последние уровни, по Жане, носят открытый характер.

Работы Жана основывались на тщательном психопатологическом анализе и на изящных клинических приемах; в то же время он явно недооценивал роль более строгого психологического эксперимента, и поэтому его концепция уровней (хотя она несомненно обладает всеми признаками теоретической системы) не вполне подходит для использования данных психологического и патопсихологического эксперимента.

Традиционно уровневый подход к психике имеет большой удельный вес во французской общей и патологической психологии. Из современных работ общепсихологического и методологического плана, выдержанных в духе этой концепции, следует отметить работы П. Шошара [65—66]. Шошар считает, что каждый новый уровень развития психики несет с собой новые, непредсказуемые с точки зрения низших уровней свойства, и подчеркивает направляющую роль высших уровней и их взаимодействие в пределах общей структуры психического.

Всеми признаками теоретической системы обладает также концепция уровней структуры психоанализа. (Еще раз следует подчеркнуть, что в рамках структурно-уровневой концепции могут строиться весьма различные по своей сущности концепции; в частности, между концепциями Жана и Фрейда довольно много серьезных расхождений) (см. по этому поводу [41]). Характерно, что у Фрейда, бравшего за исходные, по его собственному признанию, донаучные представления, понятие уровней возникает раньше понятия структуры. Первоначально в концепции Фрейда уровни толковались как форма реализации психической энергии, проявляющейся главным образом в виде сексуального влечения (*libido*); эта концепция вылилась в про-

типовопоставление сознательной и бессознательной сфер. В раннем понимании Фрейда *libido* — это неопределенное диффузное стремление организма к удовлетворению (принцип удовольствия), которое лишь постепенно, проходя определенные стадии, обретает собственно сексуальный характер. Эта психическая энергия сначала жестко связывается с некоторыми функциями организма, не выходя за их пределы (оральная, анальная и фаллическая, или собственно генитальная, фазы). Постепенно *libido* смещается на себя самое (нарциссизм), затем на внешний объект. Ж. Пиаже, рассматривая генезис понятия внешнего объекта, отмечает определенное сближение между психоанализом и экспериментальной психологией, особенно на ранних этапах развития ребенка. Он указывает, что «на первой стадии новорожденный как будто бы сосредоточен на самом себе, но еще не существует никакой дифференциации «я». Физиологические потребности и обусловленные ими центры интереса могут, однако, создавать «островки устойчивости...», с которыми связывается психическая энергия и которые неотделимы от самой активности субъекта. На второй стадии реакции ожидания и некоторые преобладающие перцепции (улыбки) устанавливают первые контуры границ, правда, еще подвижных, между собственной активностью и тем, что можно назвать «промежуточными объектами», такими, как «улыбающееся человеческое лицо...». Наконец, третья стадия, по-видимому, обеспечивает устойчивую дифференциацию субъекта и объекта с «развитием всех элементов, содержащихся в зачаточном состоянии на предыдущих этапах...»; отсюда осознание «я» и «катексис, инвестирующий настоящие либидональные объекты», отсюда также и тревога, связанная с утратой объекта любви и т. д.» [38, стр. 170].

Стремление организма к удовольствию неизбежно сталкивается с различными обусловленными внешней средой препятствиями и либо тормозится, либо может пойти по обходному, извращенному руслу. Согласно З. Фрейду, уже на анальной стадии внешние воздействия начинают осознаваться как препятствие для реализации удовольствий, как наказание (возникновение принципа реальности)⁹. Сложные взаимоотношения, возникающие между принципами удовольствия и реальности, мо-

⁹ В психоанализе (если рассматривать его в состоянии уже определенной зрелости) имеются некоторые общие постулаты, которые З. Фрейд обозначил как принципы «причинности», «монизма», «психической энергии», «психической экономии», «удовольствия» и т. д. Для психоанализа — это априорные постулаты, которым «еще предстоит пройти эмпирическую проверку» и которые, по крайней мере внешне, гораздо более похожи на перечень абстрактных сил, составляющих, как считали в прошлом, основу физической картины мира. Даже те из зарубежных психологов, которые принимают психоанализ в целом, весьма сдержанно оценивают роль этих постулатов, признавая «очень сомнительным их эмпирическое доказательство в настоящее время». Но если нет противоречащих данных и если результаты эмпирических исследований будут совпадать, то последние, по мнению этих исследователей, можно рассматривать как полезные рабочие гипотезы [152, стр. 205].

гут приводить к такой трансформации libido, которая становится основой актов поведения все более и более высоких уровней — искусство, наука (механизм сублимации).

Одновременно с дифференциацией точек приложения аффективной энергии libido происходит их структурирование, сопровождающееся важными изменениями познавательных процессов (константность объекта, установка, произвольное внимание); вместе с формированием внешнего объекта происходит полная дифференциация его от «я». Концепция структурирования «я» вытекает у Фрейда из учения об уровнях психики и тесно связана с ней. Однако, поскольку понятий уровней («сознательный», «бессознательный», а затем и «подсознательный») оказалось недостаточно для объяснения сложных феноменов как нормы, так и патологии, Фрейд начал разрабатывать свою трехкомпонентную структуру личности. «Я», по Фрейду, — это структурное единство трех частей: Id (оно) — наиболее архаичная, недифференцированная, представляющая совокупность стремящихся к удовлетворению инстинктов; область индивидуального сознания — ego (собственно «я») — посредник между принципами удовольствия и реальности, между Id и требованиями окружения; область психики, обусловленная надындивидуальными факторами, была обозначена Фрейдом как «сверх-Я» (super-Ego); она выполняет свою роль с помощью неизменных психологических поведенческих механизмов. Поведенческие механизмы, служащие уменьшению чувства тревоги (anxiety), рассматриваются как последовательности приобретенных ответов на угрожающую, разочаровывающую и травмирующую ситуации, причем эти ответы осуществляются в основном на бессознательном или подсознательном уровне в отношении тех жизненных задач, на решение которых они фактически направлены. Поведенческие механизмы психоанализа, вследствие их различного характера, не представляют какой-либо логической, генетической или структурной последовательности; по-видимому, они могут быть упорядочены лишь в плане их «социальной приемлемости или неприемлемости» [147]. Основные из этих механизмов следующие: компенсация — механизм возмещения отсутствия либо дефекта каких-либо физических или психических качеств; рационализация — попытка осознания, объяснения или оправдания подсознательных мотивов; замещающие действия, идентификация себя с другим лицом, обладающим, с точки зрения субъекта, теми качествами, которые отсутствуют у него самого (причем выражение «с точки зрения» не вполне адекватно, ибо «идентификации» и «рационализации» — это разные механизмы, и «идентификация» протекает без ее осознания). В известной мере обратным идентификации механизмом является механизм проекции, когда индивид приписывает другим желания, мотивы, опасения, страхи, которые присущи ему самому и которые он в себе не осознает; механизм регрессии — возврат к пройденным

стадиям развития; механизмы сублимации, эгоцентризма, амбивалентности, диссоциации, негативизма, инверсии.

Не вполне ясно отношение этих «поведенческих механизмов» к основному, согласно Фрейду, психологическому механизму вытеснения. Скорее всего, поскольку само вытеснение есть приобретенная реакция, его следует рассматривать в качестве динамической основы остальных «механизмов».

Super-Ego, по Фрейду, формируется под влиянием социальной среды. Функционирование «сверх-Я» — это постоянное давление на две остальные структурные части психики, на ниже лежащие уровни; это давление включает в себя главным образом неосознанные психические образования, но для него характерны и некоторые сознательные аналоги (например, совесть). Давление со стороны super-Ego на всю остальную структуру может иметь следствием ее поломку, что выражается в трагическом изменении жизненного пути, в психических травмах, несчастных случаях. Против давления «сверх-Я» его применяет те же психологические механизмы защиты, что и против давления со стороны нижнего уровня — Id.

Догматический характер основных понятий психоаналитической теории, исключительный упор на внутрискруктурные коллизии и напряжения имели следствием то, что даже среди сторонников Фрейда получили распространение взгляды, согласно которым необходимо стремиться определить структуры и уровни психического на пути анализа процессов научения и взаимоотношения структуры психики и структуры окружения (см. [77] [104] [126—127]).

Рассмотрение двух важнейших структурно-уровневых теорий приводит к выводу о том, что обе они в значительной мере умозрительны. Ни в одной из них не показан возможный психологический механизм уровневой динамики внутри сложившейся или складывающейся системы психики. По-видимому, эта задача может быть выполнена лишь на основе анализа экспериментальных данных.

Развитие следующего (не столько в хронологическом, сколько в методологическом и систематическом плане) этапа в формировании концепции уровневой структуры характеризуется в значительной мере преодолением биологически ориентированного функционализма, с которым мы встречаемся в теориях Жана и Фрейда. Этот этап связан во многом с работами советских психологов, изучавших различные психические процессы в норме и в условиях патологии. Так, Д. Н. Узнадзе [46] на основе своих широко известных исследований установки пришел к заключению, что регуляция поведения человека осуществляется на двух основных уровнях. На низшем уровне под влиянием биологических потребностей формируется так называемая установка, представляющая собой готовность к биологически целесообразному действию («импульсивному действию»); на высшем уровне, по

существо, на уровне сознательного, осмысленного поведения, действие предваряется актами объективации и реализацией собственно личностных (фиксированных) установок.

Следует подчеркнуть, что на современном этапе развития психологии структурно-уровневая теория все теснее срастается с понятиями генетической психологии, с попытками установить общие стадии формирования психики как отражательной способности (А. Н. Леонтьев — стадии элементарной сенсорной психики, перцептивной психики, интеллекта и сознания) (см. [27]). На основании новых теоретических положений и результатов экспериментально-психологических исследований возникает, таким образом, несколько иная концепция уровневой структуры. Ее составляющими уже не являются функциональные (по существу, биологические) уровни, как это было ранее; здесь налицо собственно структурные уровни, определяемые через понятия действия; отдельные взаимосвязанные действия складываются в систему или структуру деятельности.

В этом отношении показательное исследование А. Н. Леонтьевым и А. В. Запорожцем психологических механизмов восстановления утраченной двигательной функции [29]. Перед больными с пораженным локтевым суставом ставились три задачи: поднять руку как можно выше; довести руку до определенной зрительно фиксируемой точки; схватить высоко подвешенный предмет. Следовательно, инструкция предусматривала переход от уровня проприоцепции к уровню организации действия в зрительном поле и, наконец, к уровню предметного действия. В соответствии с этим результаты выполнения действий значительно отличались друг от друга. Факт осуществления движений на различных уровнях психической интеграции был подтвержден в работах Н. А. Бернштейна [7], А. Р. Лурии [30], А. В. Запорожца [20] и многих других.

Итак, прослеживая развитие структурно-уровневой концепции, мы можем зафиксировать изменение ее характера — от абстрактно-философской схемы к генетической, а затем и собственно психологической теории. Мы подчеркнули необходимость различать многочисленные и разнообразные предпосылки концепции уровневой структуры от уже сформировавшейся теории. Прослеживая уже проделанное структурно-уровневой теорией развитие, мы подчеркиваем ее историческую обусловленность, индуктивные и дедуктивные ее обоснования и различие тех конкретных форм, которые она принимает на разных этапах. Вместе с тем выделяются ее специфические особенности как хотя и очень широкой, но все же не универсальной концепции психики.

Методологический контекст структурно-уровневой теории психики

Исторический анализ подтверждает, что структурно-уровневый подход имеет методологическую основу, на которой в настоящее время осуществляется процесс формирования структурно-уровневой теории психики. Мы подчеркиваем, что речь идет именно о формировании, поскольку понятия структуры и уровней в известной мере сохраняют взаимонезависимость и лишь постепенно, под давлением внутренней логики развития объекта исследования сливаются в единое понятие, которое пока еще не имеет терминологического обозначения.

Структурно-уровневая теория в психологии выступает в качестве одной из конкретных модификаций общеметодологического структурно-уровневого подхода к изучению сложных явлений. А последний, в свою очередь, воплощает в себе некоторые существенные особенности системного подхода. Это выдвигает при анализе структурно-уровневой теории в психологии ряд методологических проблем общесистемного порядка. Мы здесь ограничимся несколькими замечаниями, касающимися тех аспектов, где общеметодологическая и психологическая проблематика оказываются наиболее сближенными.

Задачей философско-методологического анализа уровней структуры объективной реальности является фиксация некоторых специфических закономерностей диалектики развития — соотношения низшего и высшего, в том числе сохранения низшего в высшем, включения низшего в высшее, интеграции различных уровней в целостную систему. В этой связи требуют специального анализа понятия максимального и оптимального (по отношению к более сложной структуре) уровней, а также понятия снятия, подчиненности низшего по отношению к высшему и т. д. Диалектико-материалистическое понимание уровней структуры формируется в борьбе, с одной стороны, с механицизмом, а, с другой, — с различными идеалистическими учениями о развитии и соотношении в ходе этого развития высшего и низшего — такими, как концепция эмергентной эволюции (А. Александер и Л. Морган), различные формы витализма (учение об энтелехии Г. Дриша, концепция «жизненного порыва» А. Бергсона и др). С методологической точки зрения здесь существенно то обстоятельство, что в подобных случаях в качестве объяснительного принципа выдвигается некое абстрактное положение, суть которого сама нуждается в объяснении. Таково, например, понятие символического отношения между низшим и высшим (см. [132]). Без специального анализа, без раскрытия реальной природы этого отношения подобное понятие может легко получить идеалистическую интерпретацию.

С точки зрения диалектического материализма уровни структуры — это прежде всего объективно существующие формы

материи, различающиеся по степени сложности, характеру управляющих ими закономерностей, достигшие различной степени развития. В отношении к высшему низшее, с одной стороны, непосредственно реализует свои специфические свойства, а с другой — выступает как носитель потенциального содержания, дающего начало высшему, и как форма ограничения высшего; в отношении психики это наиболее ярко проявляется в таких фундаментальных физиологических закономерностях, как постоянство внутренней среды организма (К. Бернар) и гомеостазис (У. Кэннон). Деятельность человека в своей сущности определяется социальными условиями, но может осуществляться вместе с тем лишь в определенных физиологических пределах, за которые она не может выйти. В то же время низшее, актуально существующее в пределах высшего, сохраняет относительную самостоятельность и выступает как функционирование на подчиненном, специфическом уровне (например, действие физических, химических или биологических законов по отношению к деятельности человека). Такого рода уровни получили обозначение «теневой структуры». По отношению к ним высшее выступает главным образом в регуляторной функции.

Для структурно-уровневой теории психики наряду с понятиями, разрабатываемыми в рамках системного подхода, важны также многие понятия кибернетики и теории информации, главным образом те, в которых отражается иерархия кодов информации, обусловленная, с одной стороны, неизбежной утратой части ее с переходом от низшего кода к высшему, а с другой — «укрупнением» и усилением символического характера высшего кода. Психологические понятия, трансформируясь под влиянием развития системных и кибернетических исследований, в свою очередь, накладывают на них свой отпечаток, и в этом процессе понятиям структуры и уровней принадлежит, пожалуй, главенствующая роль.

В психологической трактовке понятия «уровни» важнейшее значение имеет общеметодологический постулат, согласно которому в некоторых областях, характеризующих определенными условиями, можно абстрагироваться от бесконечного числа параметров, необходимых для описания объекта, и исходить из некоторой совокупности переменных, играющих фундаментальную роль только для данного уровня и действительно описывающих его свойства (см. [26]).

Для более детального анализа психологической структурно-уровневой теории необходимо построить систематическое сравнение различных психических состояний, последовательно сопоставить изменения психики структурного и неструктурного характера, норму и патологию, показать психологические механизмы перехода с одного уровня на другой. Понятия уровней и структуры слишком широки по своему объему, в силу чего не могут непосредственно служить в качестве объяснительных в

психологическом исследовании. В связи с этим одна из принципиальных методологических задач заключается в том, чтобы внутренние расчленить, развернуть и специфицировать эти понятия применительно к психике, одновременно ограничив возможные аналогии с уровневými структурами надиндивидуального или нейрофизиологического порядка.

Проведенный в этой статье историко-научный анализ может, вероятно, создать впечатление об универсальности структурно-уровневой концепции как способа объяснения психического. Такое впечатление было бы неправильным — эта концепция является хотя и достаточно широкой, но все же не универсальной психологической теорией. Чтобы показать это, однако, необходимо не просто более детальный анализ самой структурно-уровневой теории, а перевод всего анализа из исторического в совершенно иной — систематический план. Но это уже задача другого исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Н. М. Моделирование информации и программ в сложных системах.— «Вопросы философии», 1963, № 12.
2. Амосов Н. М. Мышление и информация. М., 1963.
3. Астацатуров М. И. Современные неврологические данные о сущности эмоций.— «Сов. невропсихиатрия», в. 1, 1936.
4. Афанасьев В. Г. Проблема целостности в философии и биологии. М., 1964.
5. Бергсон А. Материя и память. СПб., 1911.
6. Бернштейн Н. А. Очерки физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.
7. Бернштейн Н. А. Построение движений. М., 1947.
8. Блонский П. П. Память и мышление. Избранные психологические произведения. М., 1964.
9. Бурбаки Н. Архитектура математики.— «Математическое просвещение», вып. 5, 1960.
10. Вальт Л. О. Соотношение структуры и элементов.— «Вопросы философии», 1963, № 5.
11. Выготский Л. С. Биогенетический закон в психологии и педагогике.— БСЭ, изд. 1, т. 6.
12. Выготский Л. С. Мышление и речь. Избранные психологические исследования. М., 1956.
13. Выготский Л. С. Развитие высших психических функций. М., 1960.
14. Выготский Л. С., Лурия А. Р. Этюды по истории поведения. М., 1930.
15. Гегель Г. Сочинения, т. II, М.— Л., 1934.
16. Грегори Р. Л. Глаз и мозг. М., 1970.
17. Грегори Р. Л. Разумный глаз. М., 1972.
18. Грос К. Душевная жизнь ребенка. СПб., 1916.
19. Гуревич А. Я. Категории средневековой культуры. М., 1972.
- 19а. Жане П. Психический автоматизм. М., 1913.
20. Запорожец А. В. Развитие произвольных движений. Киев, 1960.
21. Зубов В. П. Аристотель. М., 1963.
22. Кедров Б. М. Классификация наук, т. II. М., 1965.
23. Кедров Б. М. О классификации наук.— «Вопросы философии», 1955, № 2.
24. Кедров Б. М. Философские проблемы современного естествознания. М., 1959.
25. Конорски Ю. Интегративная деятельность мозга. М., 1970.

26. *Кремянский В. И.* Структурные уровни живой материи. М., 1969.
27. *Леонтьев А. Н.* Проблемы развития психики. М., 1959.
28. *Леонтьев А. Н.* Развитие памяти. М., 1931.
29. *Леонтьев А. Н., Запорожец А. В.* Восстановление движения. Исследование восстановления функций руки после ранения. М., 1945.
30. *Лурия А. Р.* Восстановление функций мозга после военной травмы. М., 1948.
31. *Лурия А. Р.* Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М., 1962.
32. *Мах Э.* Анализ ощущений. М., 1908.
33. *Мегребян А. А.* Общая психопатология. М., 1972.
34. *Мэзун Г.* Бодрствующий мозг. М., 1961.
35. *Овчинников Н. Ф.* Структура и симметрия.— «Системные исследования. Ежегодник — 1969». М., 1969.
36. *Олдз Дж.* Выявление подкрепляющих систем головного мозга методом самораздражения.— «Механизмы целого мозга». М., 1963.
- 36а. Основные направления исследований психологии мышления в капиталистических странах. М., 1966.
37. *Павлов И. П.* Полное собрание сочинений, т. 3, кн. 2. М.— Л., 1951.
38. *Пиаже Ж.* Характер объяснения в психологии и психофизиологический параллелизм.— «Экспериментальная психология». М., 1966.
39. *Пэнто Р., Гравитц М.* Методы социальных наук. М., 1972.
40. *Рибо Т.* Эволюция общих идей. СПб., 1898.
41. *Роговин М. С.* Введение в психологию. М., 1969.
42. *Роговин М. С.* Философские проблемы теории памяти. М., 1966.
43. *Роговин М. С., Соловьев А. В.* Перцептивная неопределенность и уровни обобщения в процессе формирования понятий.— «Материалы IV-го Всесоюзного съезда психологов». Тбилиси, 1971.
44. *Снежневский А. В.* Общая психопатология. Курс лекций. Валдай, 1970.
45. *Соловьев А. В.* О психологических механизмах обобщения и формирования понятий.— «Экспериментальная психология и ее история». М., 1973.
46. *Узнадзе Д. Н.* Психологические исследования. Тбилиси, 1966.
47. *Ухтомский А. А.* Собр. соч., т. III. Л., 1951.
48. *Филимонов И. Н.* Локализация функций в коре большого мозга.— «Невропатол. и психиатр.», 1940, т. IX, в. 1—2.
49. *Фресс П.* Экспериментальный метод.— «Экспериментальная психология». М., 1966.
50. *Халецкий А. М.* Уровни психической деятельности в норме и патологии. М., 1970.
51. *Ach N.* Über die Begriffsbildung. Bamberg, 1921.
52. *Allport F.* Theories of perception and the concept of structure. N. Y., 1955.
53. *Allport G. W.* Pattern and growth in personality. N. Y., 1961.
54. *Angyal A.* Foundations for science of personality. N. Y., 1941.
55. *Angyal A.* A theoretical model for personality studies.— «J. Pers.», 1951, vol. 20, p. 131.
56. *Bertalanffy L.* General system theory.— «General systems», vol. 1. Ann Arbor, 1956.
- 57—61. *Bouman J. C.* The figure-ground phenomenon in experimental and phenomenological psychology. Stockholm, 1968.
62. *Buck R. C.* On the logic of general behavior systems theory.— «Minnesota Studies in Philosophy of Science», vol. 1. Minneapolis, 1956, p. 223.
63. *Burke C. J., Estes W. K.* A component model for stimulus variables in discrimination learning.— «Psychometrika», 1957, vol. 22, p. 133.
64. *Busemann A.* Die Einheit der Psychologie und das Problem des Mikropsychischen. Stuttgart, 1948.
65. *Chauchard P.* Physiologie de la conscience. Paris, 1959.
66. *Chauchard P.* Précis de biologie humaine. Les bases organiques du comportement et de la pensée. Paris, 1957.
67. *Delay J.* Les dissolutions de la memoire. Paris, 1950.
68. *Dilthen W.* Gesammelte Schriften. Bd. VII. Leipzig, 1921.

69. *Duncan C. P.* Response hierarchies in problem solving — «Thinking: Current Experimental Studies». Philadelphia. 1967, p. 18.
70. *Ehrenfels Ch.* Über Gestaltqualitäten.— «Vierteljahrschr. f. wiss. Philosophie», 1890, Bd. 14, S. 249.
71. *Ey H.* Etudes psychiatriques, vol. 2. Paris, 1950.
72. *Eysenck H. J.* Charakterologie, Schichtentheorie und Psychoanalyse: eine kritische Betrachtung.—«Perspektiven der Persönlichkeitstheorie». Bern-Stuttgart, 1959.
73. *Garner W. R.* Uncertainty and structure as psychological concepts. N. Y., 1962.
74. *Gilbert A. R.* Recent German theories in stratification of personality.—«J. Psychol.», 1951, vol. 31.
75. *Gilbert A. R.* Das Schichtenmodell der Persönlichkeit.—«Perspektiven der Persönlichkeitstheorie». Bern—Stuttgart, 1959.
76. *Goldstein K.* The organism. New York, 1939.
77. *Hartmann H.* Ego psychology and the problem of adaptation.—«Organization and Pathology of Thought» (ed. D. Rapaport). New York, 1951, p. 362.
78. *Hartmann N.* Der Aufbau der realen Welt. Grundriss der allgemeinen Kategorienlehre. Berlin, 1940.
79. *Hartmann N.* Grundzüge einer Metaphysik der Erkenntnis. Berlin, 1921.
80. *Hartmann N.* Neue Wege der Ontologie. Stuttgart, 1949.
81. *Head H.* Studies in neurology. v. 1—2. Oxford, 1920.
82. *Helmholz H.* Handbuch der physiologischen Optik, Leipzig, 1867.
83. *Hermann T.* Problem und Begriff der Ganzheit in der Psychologie. Wien, 1957.
84. *Heyde J. E.* Entgegnung auf die Bemerkungen Rothackers.—«Z. für phil. Forsch.», 1949, Bd 3.
85. *Heyde J. E.* Grenzen der psychologischen Schichtenlehre.—«Z. für phil. Forsch.», 1947, Bd 1.
86. *Heyde J. E.* Die sogenannte Schichtenlehre.—«Stud. Gen.», 1956, N 9.
87. *Hoffmann H. T.* Die Schichtentheorie.— Stuttgart, 1935.
88. *Hubel D. H., Wiesel T. N.* Receptive fields of single neurones in the cat's striate cortex.—«J. Physiol» (London), 1959, v. 148, p. 574.
89. *Hubel D. H., Wiesel T. N.* Integrative action in the cat's lateral geniculate body.—«J. Physiol» (London), 1961, v. 155, p. 385.
90. *Hubel D. H., Wiesel T. N.* Receptive fields, binocular integration and functional architecture in the cat's visual cortex.—«J. Physiol.» (London), 1962, vol. 1160, p. 106.
91. *Hubel D. H., Wiesel T. N.* Receptive fields and functional interaction in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat.—«J. Neurophysiol.», 1965, vol. 28, p. 229.
92. *Hull C. L.* A behavior system. New Haven, 1952.
93. *Hull C. L.* Quantitative aspects of the evolution of concepts.—«Psychol. Monogr.», 1920, vol. 28, N 23.
94. *Jackson H.* Evolution and dissolution of the nervous system. Selected papers. vol. 2. London, 1932.
95. *Janet P.* Automatismes psychologique. Paris, 1889. (Русск. пер. «Психический автоматизм». М., 1913).
96. *Janet P.* L'évolution de la mémoire et de la notion du temps. Paris, 1929.
97. *Janet P.* Preface.—Delay J. «Les dissolutions de la mémoire». Paris, 1950.
98. *Jouffroy T. S.* Sur les facultés de l'ame. Paris, 1828.
99. *Kendler H.* Problems in problem-solving research.—«Current Trends in Psychological Theory». Pittsburg, 1961, p. 180.
100. *Klages L.* Der Geist als Widersacher der Seele. Leipzig, 1929—1933.
101. *Kleist K.* Kriegsverletzungen des Gehirns und ihre Bedeutung für Hirnlokalisation und Hirnpathologie.—«Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg» 1914/1918. Bd 4. Leipzig, 1933—1934.
102. *Kraus F.* Allgemeine und specielle Pathologie der Person. Leipzig, 1926.
103. *Krechevsky I.* Hypotheses in the rats.—«Psychol. Rev.», 1932, vol. 39, p. 516.

104. *Kris E.* Psychoanalytic explorations in art. N. Y., 1952.
105. *Kroh O.* Das Schichtenproblem in der Entwicklungspsychologischer Beleuchtung.—«Arch. f. d. gesamte Psychologie», 1937, Bd. 48.
106. *Lachman R.* The model in theory construction.—«Psychol. Rev.», 1960, vol. 67, p. 113.
107. *Lashley K.* Brain mechanisms and intelligence. Chicago, 1929.
108. *Laubenthahl T.* Hirn und Seele. Salzburg, 1953.
109. *Leeper R. W.* Lewin's topological and vector psychology: a Digest and a Critique. Eugene, 1943.
110. *Lersch Ph.* Schichten der Seele.—«Perspektiven der Persönlichkeitstheorie». Bern.—Stuttgart, 1959.
111. *Levine M.* Mediating processes in humans at the outset of discrimination learning.—«Psychol. Rev.», 1963, vol. 70, p. 254.
112. *Levy L. H.* Conceptions of personality: Theories and Research. N. Y., 1970.
113. *Lewin K.* The conceptual representation and the measurement of psychological forces.—«Contrib. to psychol. Theory», 1938, vol. 1, N 4.
114. *Lewin K.* Formalization and progress in psychology.—«University of Iowa Studies in Child Welfare», 1940, vol. 16, p. 9.
115. *Lewin K.* Principles of topological psychology. N. Y., 1936.
116. *Magoun H. W.* Brain mechanism of inborn and emotional behavior: Handbook of Clinical Psychology. N. Y., 1965, p. 181.
117. *Mathey F. J.* Zur Schichtentheorie der Persönlichkeit.—«Handbuch der Psychologie in 12 Bd.», Bd 4, Göttingen, 1960.
118. *Meinong A.* Phantasievorstellungen und Phantasie.—«Z. f. Philos. u. philos. Kritik», 1888, Bd. 95, S. 176.
119. *Michotte A.* La perception de la causalité. Louvain, 1946.
120. *Miller J. G.* Toward a general theory for the behavior sciences.—«Amer. Psychologist», 1955, vol. 10, p. 513.
121. *Müller G. E.* Bemerkungen zu W. Köhlers Artikel «Komplextheorie und Gestalttheorie».—«Z. f. Psychol.», 1926, Bd. 99.
122. *Müller G. E.* Komplextheorie und Gestalttheorie. Göttingen, 1923.
123. *Murray H. A.* Preparation for the scaffold of a comprehensive system.—«Psychology: a Study of a Science», vol. III. N.—Y., 1959, p. 7.
124. *Olds J., Milner P.* Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain.—«J. comp. physiol. Psychol.», 1954, vol. 47, p. 419.
125. *Pieron H.* Des degrés de l'hémianopsie corticale. L'hémiastéréopsie.—«C. R. Soc. Biologie», 1916, liv. 29, p. 1055.
126. *Rapaport D.* The autonomy of the ego.—«Bull. of the Menninger Clinic», 1951, vol. 15, p. 113.
127. *Rapaport D.* The structure of psychoanalytic theory: a systematizing attempt.—«Psychology: a study of a Science», vol. III. N. Y., 1959, p. 55.
128. *Restle F.* Speed and accuracy of cognitive achievement in small groups.—«Mathematical Methods in Small Group Processes», Stanford, 1962, p. 250.
129. *Revers W. J.* Anthropologische Problematik der Schichtentheorien.—«Schweiz Z. f. Psychol.», 1959, Bd. 18, S. 1.
130. *Revers W. J.* Persönlichkeit und Vermassung. Würzburg, 1947.
131. *Rothacker E.* Schichten der Persönlichkeit. Bonn, 1952.
132. *Rothschild F. S.* Das Zentralnervensystem als Symbol des Erlebens. Basel—New York, 1958.
133. *Rudert J.* Genetische Schichtung der Person.—«Jb. f. Psychol. u. Psychoth.», 1955, Bd. 3.
134. *Rudert J.* Das Ich und die Emotionalität.—«Psychol. Beitr.», 1955, Hf 2.
135. *Rüfner V.* Die Entfaltung des Seelischen. Einführung in die vergleichende Psychologie. Bamberg, 1947.
136. *Scheler M.* Der Formalismus in der Ethik und die materiale Wertethik.—«Jahrbuch f. Philos. u. phänomenologische Forschung». Bd 2. Halle, 1930.
137. *Scheler M.* Die Stellung des Menschen in Kosmos. München, 1947.
138. *Schumann F.* Zur Psychologie der Zeitauffassung.—«Z. f. Psychol.», 1898, Bd 17, S. 106.

139. *Smith M. B.* Research strategies toward a conception of positive mental health.—«Amer. Psychologist», 1959, vol. 14, p. 673.
140. *Spence K. W.* The nature of discrimination learning in animals.—«Psychol. Rev.», 1936, vol. 43, p. 427.
141. *Stransky E.* Über Sprachverwirrtheit. Halle, 1905.
142. *Stunz K.* Über die «vertikale» Ordnung der seelischen Dispositionen.—«Z. f. Psychol.», 1943, Bd 154.
143. *Thiel M.* Ontologische Ordnungsschematismen.—«Stud. Gen.», 1956, N 9.
144. *Thiele R.* Person und Charakter. Leipzig, 1940.
145. *Thiele R.* Über der Gebrauch der Raumbildern in der Psychologie, insbesondere über Wesen und Erkenntniswert der psychologischen Schichtentheorien.—«Stud. Gen.», 1948, Bd 1.
146. *Titchener E. B.* The postulates of a structural psychology.—«Philos. Rev.», 1895, vol. 7, p. 449.
147. *Thorpe L. P. and Katz B.* The psychology of abnormal behavior: a dynamic approach. N. Y., 1948.
148. Toward a general theory of action. Cambridge, Mass., 1952.
149. *Vernon M. D.* Cognitive inference in perceptual activity.—«Brit. J. Psychol.», 1957, vol. 48, p. 35.
150. *Weiner M.* Perceptual development in a distorted room: a phenomenological study.—«Psychol. Monogr.», 1956, N 423, p. 1.
151. *Wickens D. D.* Stimulus-response theory as applied perception.—«Learning theory, personality theory and clinical research. The Kentucky Symposium». N. Y., 1954, p. 22.
152. *Wolman B. B.* Contemporary theories and systems in psychology. N. Y., 1960.
153. *Wundt W.* Grundriss der Psychologie. Leipzig, 1896.
154. *Zutt J.* Gedanken über menschliche Bewegung als mögliche Grundlage für das Verständnis der Bewegungsstörungen bei Geisteskranken.—«Nervenarzt», 1957, Jg. 28, Hf. 1, S. 14.
155. *Zutt J.* Über die verstehende Anthropologie.—«Psychiatrie des Gegenwart». Bd 1/2. Göttingen, 1963.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

АРМАНД АЛЕКСЕЙ ДАВИДОВИЧ — кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии АН СССР (Москва).

ГОРОХОВ ВИТАЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ — аспирант Института истории естествознания и техники АН СССР (Москва).

ГОРСКИЙ ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ — кандидат технических наук, зав. лабораторией прикладной кибернетики Сибирского энергетического института СО АН СССР (Иркутск).

ИГНАТЬЕВ АНДРЕЙ АНДРЕЕВИЧ — научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР, Москва.

КЕДРОВ БЕНИФАТИЙ МИХАЙЛОВИЧ — академик, зав. сектором Института истории естествознания и техники АН СССР (Москва).

МАЛИНОВСКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ — доктор биологических наук, профессор 2-го Московского медицинского института (Москва).

МЕЖЖЕРИН ВИТАЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ — кандидат биологических наук, доцент Киевского Государственного университета им. Т. Г. Шевченко (Киев).

МУХАМЕДОВ АЛЯМ ХОРАМОВИЧ — инженер (Москва).

ОГУРЦОВ АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР (Москва).

ПЕТРОВА ТАТЬЯНА МИХАЙЛОВНА — аспирант Института истории естествознания и техники АН СССР (Москва).

РОГОВИН МИХАИЛ СЕМЕНОВИЧ — доктор психологических наук, профессор кафедры общей психологии Ярославского госуниверситета (Ярославль).

СМИРНОВА ЕЛЕНА ДМИТРИЕВНА — кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии АН СССР (Москва).

СТАРОСТИН БОРИС АНАТОЛЬЕВИЧ — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР (Москва).

ТАРГУЛЬЯН ВИКТОР ОГАНЕСОВИЧ — доктор географических наук, зав. отделом географии почв Института географии АН СССР (Москва).

ШВИДЧЕНКО ЛЮДМИЛА ГРИГОРЬЕВНА — кандидат географических наук, научный сотрудник географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (Москва).

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАУКИ

Б. М. Кедров	
Принцип историзма в его приложении к системному анализу развития науки	5
А. А. Игнатьев	
Модели науки в исследованиях науки	19
А. Х. Мухамедов	
К вопросу о роли системного подхода в оценке научных знаний	36
В. Г. Горохов	
Наукоедческий анализ системотехнического знания	44
Т. М. Петрова	
Математические модели области научного исследования	57

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. Малиновский, Е. Д. Смирнова, Л. Г. Швидченко	
Эффективность некоторых типов полужестких систем	75
Ю. М. Горский	
О некоторых возможностях исчисления организованности при системном анализе	87

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ В СПЕЦИАЛЬНО-НАУЧНОМ ЗНАНИИ

В. А. Межжерин	
Этюды по теории биологических систем	100
Б. А. Старостин	
Системный подход, параметры и сложность биологических объектов	120
А. Д. Арманд, В. О. Таргульян	
Принцип дополнительности и характерное время в географии	146

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

А. П. Огурцов	
Этапы интерпретации системности научного знания (античность и Новое время)	154
М. С. Роговин	
Развитие структурно-уровневого подхода в психологии	187

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ежегодник 1974

Редактор издательства **Н. Г. Кристостурьян**
Утверждено к печати Институтом истории
естествознания и техники АН СССР

Художественный редактор **Н. Н. Власик**. Технический редактор **В. Д. Прилепская**

Сдано в набор 1/VI-1974 г. Подписано к печати 6/IX-1974 г.
Формат 60X90¹/₁₆. Бумага № 2. Усл. печ. л. 14,75. Уч.-изд. л. 15,8.
Тираж 6650. Т-16701. Тип. зак. 4168 Цена 1 руб.
Издательство «Наука». 103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

1 руб.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»