СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

в современной науке

(к 100-летию Людвига фон Берталанфи)

Москва
Прогресс-Традиция

УДК 16
ББК 87.22
С 34

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) проект № 02-03-16179

Ответственные редакторы:
Лисеев И.К., Садовский В.Н.

Системный подход в современной науке. – М.:
С 34 Прогресс-Традиция, 2004. – 560 с.

ISBN 5-89826-146-X

Книга посвящена группе актуальнейших проблем современной философии науки. Авторы рассматривают этапы становления и перспективы системного подхода, возможности его применения на современном этапе развития науки, показывают эволюцию идей системного анализа в рамках теории самоорганизации и синергетики. Один из разделов книги посвящен проблемам современной теоретической биологии.

Книга представляет интерес не только для специалистов, работающих в данной области, но и для тех, кто пытается понять основания научного мышления, призванного решать сложные проблемы, с которыми сталкивается человеческая цивилизация.

ББК 87.22

ISBN 5-89826-146-X

© Коллектив авторов, 2004
© Прогресс-Традиция, 2004
© Кортович А.В., оформление, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I

ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ, СТАНОВЛЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

В.Н. Садовский
Людвиг фон Берталанфи и развитие системных исследований в XX веке 7

А.И. Уёмов
Л. фон Берталанфи и параметрическая общая теория систем 37

М.С. Каган
Наследие Л. фон Берталанфи и проблема применения системного подхода в сфере гуманитарного знания 53

И.К. Лисеев
Системная познавательная модель и современная наука 69

В.В. Казютинский
Научные традиции и революции в контексте системного анализа .81

А.Б. Бахур
Концептуальные основы системного подхода и содержание современной инженерной практики . .106

В.Г Горохов
Общая теория систем Берталанфи, возникновение системотехники и новое понимание НТП как устойчивого развития . .123

Г. Бехманн
Николай Луман: новая парадигма теории систем . . .142

О.С. Разумовский
Системософия, системизм, общая и частные теории систем и сетей 157

А.П. Левич
Энтропийная параметризация времени в общей теории систем .167

А.П. Огурцов
Тектология А.А. Богданова и идея коэволюции .191

З.В. Каганова
От «мира организмов» Л. фон Берталанфи к «миру гибридов» Б. Латура? .202

И.Ф. Кефели, А.П. Мозелов
Особенности системного подхода в осмыслении современного глобализма 206

С.И. Агабеков
Системные аспекты высокотехнологической модернизации в России . .222

Часть II

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ПОЗНАНИЯ

В.В. Попков
Двойственность: концепция и структура познавательной модели .235

В.С. Ратников
Обновление методологической культуры в процессе освоения наукой феномена сложности .254

О.Е. Баксанский
Система когнитивных наук .276

В.В. Лещенко
Теория общих систем и информационная модель мировоззрения общества .309

В.П. Казарян
Системный подход и принятие управленческих решений .326

Н.Г. Горбушин
От общей теории систем к искусственным интеллектуальным средам .340

В.А. Яковлев
Системно-деятельный анализ процессов творчества в науке .353

И.А. Одесский
Системный анализ в геологии . .361

А.А. Силин
Онтология целого в аспекте систематизации наук 366

Н.В. Поддубный
Ядро системы: онтологический статус и гносеологическое значение понятия 386

Часть III

НА ПУТИ К ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

Э.Н. Мирзоян
Стратегия системного подхода в теоретической биологии .409

В.Г. Борзенков
Л. фон Берталанфи и развитие идеи теоретической биологии в XX веке .427

Н.Н. Марфенин
Современные представления о целостности биологических систем 436

В.М. Эпштейн
Теория систематики в книге В.Н. Беклемишева «Методология систематики» .459

Ю.В. Чайковский
Теория спасения природы в век теории систем 478

Е.Р. Карташова, А.В. Олескин, М.В. Гусев
Биософия .494

А.Е. Седов
Части и целое в биосистемах: чего не знал Л. фон Берталанфи . . .504

Б.А. Богатых
Принципы фрактальной геометрии и проблемы эволюционного процесса .509

А.В. Каверин
Системная парадигма в экологических исследованиях .521

М.И. Штеренберг
Начала содержательной теории систем . .525

С.В. Светлов
Биотехнология и теоретическая биология 549

Часть I

ПРИНЦИП СИСТЕМНОСТИ: ПРЕДПОСЫЛКИ, СТАНОВЛЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

В.Н. Садовский

ЛЮДВИГ ФОН БЕРТАЛАНФИ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В XX ВЕКЕ*

В 2001 г. научный мир отметил столетие со дня рождения Людвига фон Берталанфи (19.09.1901—12.06.1972) — видного австрийского ученого и методолога науки, сыгравшего важную роль в становлении и развитии системных исследований в XX в. Состоялись юбилейные конференции в Москве и в Вене — в каждой из них приняло участие большое число активных участников «системного движения», получившего широкое распространение в научном и философско-методологическом осознании актуальных проблем современного мира. В Вене, в частности, были представлены в видеозаписи доклады одного из ближайших коллег Берталанфи Анатолия Борисовича Рапопорта, с которым они вместе, а также в сотрудничестве с Кеннетом Боулдингом и Р. Джераром основали в 1954 г. «Общество по разработке проблем общей теории систем», активно функционирующее вплоть до настоящего времени, а также известного европейского специалиста по общей теории систем Эрвина Ласло. В докладах, представленных на этих конференциях, были высоко оценены научные и философские достижения Берталанфи.

Организмическая концепция и теория открытых систем[1]

До выдвижения идей «общей теории систем», что произошло во второй половине 30-х годов, системно-целостные мировоззренческо-методологические установки Берталанфи проявились в предложенной им концепции *организмизма* и в активном участии и разработке проблем *теории открытых систем.*

Основу организмической концепции Берталанфи, разрабатывавшейся им в 20–30-е гг., составляет представление о том, что живой

организм — не конгломерат отдельных элементов, а определенная *система,* обладающая *организованностью* и *целостностью.* Причем эта система находится в постоянном изменении — «организм напоминает скорее пламя, чем кристалл или атом»[2].

Для познания таких объектов необходимо, считает Берталанфи, изменение *метода мышления.* Старая биология, по Берталанфи, использовала *аналитико-суммативный* подход к своему предмету (организм — агрегат отделенных друг от друга элементов), для нее было характерно стремление *отождествить структуру организма со структурой машины* и рассмотрение организма как покоящегося, как действующего только в случае внешнего воздействия, т. е. *рефлекторно.* В противоположность этому биология XX в. стоит на точке зрения *системного* рассмотрения своего предмета — живого организма, на признании первичности *динамического* подхода к исследованию биологических явлений и первостепенной важности анализа организма как *первично-активного*[3]. Отмечая тот факт, что наука XX в. все более сталкивается с необходимостью исследования систем разных типов, Берталанфи утверждает, что «наука о целостности и организмическом par exellence — биология — призвана играть в нашем мировоззрении роль, которую она не играла раньше»[4].

Сформулированные принципы во многом определили последующую эволюцию взглядов Берталанфи. Не ограничиваясь качественной характеристикой биологических объектов исследования, он попытался найти строгие методы анализа таких объектов. Разработка методологических принципов исследования систем была осуществлена Берталанфи в 30-е годы в рамках теории открытых систем. В соответствии с принципами биологического мышления начала XX в., как их сформулировал Берталанфи, он стремился выразить на строго научном языке (аналогичном языку физики) понимание организма как системы (его прежде всего динамический и активный характер). Многие эмпирически факты биологических исследований (например, знаменитые опыты Дриша, выявившие свойство эквифинальности живых организмов), не укладывавшиеся в механистическую концепцию понимания биологического мира, были дополнительными свидетельствами в пользу организмического подхода и, естественно, требовали научного объяснения. Борьба с витализмом в истолковании таких фактов явилась важным стимулом разработки Берталанфи проблем теории открытых систем[5].

Первая задача, которую требовалось разрешить в этой связи, состояла в выборе точного аппарата (физико-математического или какого-либо иного), с помощью которого можно было бы не только перевести в достаточно строгую теоретическую форму содержательно-интуитивные представления о живых организмах, выраженные в методологических установках организмизма, но и значительно их углубить. В этой ситуации вполне естественным был путь использования *статистического аппарата термодинамики*.

Во-первых, исследуемые с помощью этого аппарата объекты представляют собой множества элементов (системы особого типа), которые по своей сложности значительно превосходят объекты классической физики, составленные, как правило, из сравнительно немногих элементов, и которые по некоторым, правда очень общим параметрам, аналогичны живым организмам. Во-вторых, в отличие от классической, строго детерминистской физики термодинамика статистична по своей природе, что, можно предполагать, должно дать возможность более адекватно описать немеханический характер поведения живых систем. Наконец, в-третьих, приложением аппарата термодинамики к биологии эпизодически уже занимались в начале XX в., и в этом направлении были получены первые результаты (Н.А. Умов, К.А. Тимирязев, Ф. Ауэрбах, В.И. Вернадский, Э.С. Бауэр). В этой связи становится вполне понятным выбор, сделанный Берталанфи.

Было бы неправильным считать, что теория открытых систем, возникшая в пограничной области между современной физикой, физической химией и биологией, представляет собой простое приложение имеющегося термодинамического аппарата к области живого: чтобы ее построить, потребовалось глубокое научное исследование.

Исторически получилось так, что классическая термодинамика исследовала лишь *закрытые системы*, т. е. системы, не обменивающиеся веществом с внешней средой и имеющие обратимый характер. Было выяснено, что закрытые термодинамические системы, будучи предоставлены самим себе, переходят в состояние равновесия, характеризующееся минимумом свободной энергии и максимумом энтропии.

Первые попытки применения классической термодинамики к живым организмам в начале XX в. показали, что хотя при рассмотрении органических явлений использование физико-химических принципов имеет большое значение, поскольку в организме имеются системы, находящиеся в равновесии, все же организм как целое не должен ис-

следоваться как закрытая система в состоянии равновесия: он представляет собой *открытую систему*, остающуюся относительно постоянной при непрерывном изменении поступающих в нее веществ и энергии (так называемое состояние *подвижного равновесия*). Созданная для описания таких систем *термодинамика необратимых процессов* (Онзагер, Пригожин, Дефай, де Гроот, Денбиг) дала ту теоретическую основу и формальный аппарат, которые легли в основание теории открытых систем Берталанфи[6].

Охарактеризуем основные понятия этой теории. Под *системой* Берталанфи понимает «комплекс элементов, находящихся во взаимодействии»[7]. Система является *закрытой,* если в нее не поступает и из нее не выделяется вещество (учитывается лишь возможный обмен энергией). Система называется *открытой,* если в нее постоянно происходит ввод и вывод не только энергии, но и вещества. *Стационарным состоянием* любой *термодинамической системы* называется устойчивое состояние такой системы, при котором все характеризующие эту систему величины не зависят от времени. *Равновесием* называется не зависящее от времени состояние *закрытой системы,* при котором остаются неизменными все макроскопические величины и прекращаются все макроскопические процессы. По второму закону термодинамики, каждая закрытая система с течением времени достигает не зависящего от времени состояния равновесия с максимальной энтропией и минимальной свободной энергией. *Подвижным равновесием* называется не зависящее от времени состояние *открытой системы,* при котором все макроскопические величины остаются неизменными, хотя и продолжаются непрерывные макроскопические процессы ввода и вывода вещества. При выполнении определенных условий открытая система *может* перейти в состояние подвижного равновесия — в противоположность закрытой системе, которая, будучи предоставлена сама себе, *должна* перейти в состояние равновесия[8].

Закрытая система, находящаяся в состоянии равновесия, не нуждается в притоке энергии для сохранения своего состояния покоя: в системе происходят превращения, направленные таким образом, что, например, количество образовавшихся молекул или ионов равно количеству исчезнувших. Общим для равновесного состояния закрытой системы и химического равновесия является то, что и в том, и в другом случаях система не способна к работе: алгебраическая сумма всех работ, которые могут быть получены из элементарных реакций такой системы, равна нулю. Для того чтобы система могла совершить

работу, она должна выйти из состояния равновесия. Поскольку закрытая система всегда стремится к достижению равновесного состояния, в ней нельзя получить длительной работы. Это возможно только в открытой системе, находящейся в состоянии подвижного равновесия. Так как организм является открытой системой, он способен производить работу, но для своего отклонения от состояния равновесия он нуждается в постоянном притоке энергии и вещества.

Берталанфи обращает внимание еще на одну характерную особенность открытых систем: для сохранения подвижного равновесия открытых систем необходима точная согласованность протекающих в них процессов. Дело в том, что слишком быстрое течение процессов в организме ведет к химическому равновесию. Например, определенные процессы в крови в силу их очень большой скорости неизбежно переходят в равновесное состояние. Относительно более медленные процессы обмена веществ не достигают равновесия, а сохраняются в состоянии подвижного равновесия при непрекращающемся притоке и оттоке вещества и энергии. Построенный из углеводных соединений живой организм в состоянии сохранять подвижное равновесие. Наличие ферментов, ускоряющих процесс выделения энергии, способствует в определенных случаях восстановлению состояния подвижного равновесия.

Для описания поведения открытых систем Берталанфи использует аппарат термодинамики необратимых процессов. По его мнению, общим уравнением открытых систем является уравнение вида:

$$dQ_i / dt = T_i + P_i \ (i = 1, 2, \ldots, n),$$

где Q_i — определенная характеристика i-го элемента системы; dQ_i/dt — изменение этой характеристики во времени; T_i — функция, описывающая скорость переноса элементов системы; P_i — функция, описывающая появление элементов в определенном месте внутри системы.

Из приведенного уравнения можно получить уравнение для закрытой системы; для этого T_i должно быть равным нулю:

$$dQ_i / dt = P_i \ (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Функция T_i зависит от характера рассматриваемой системы. Для решения общего уравнения открытой системы необходимо знать:

1) специальную форму этого уравнения для рассматриваемого случая; 2) начальные и граничные условия в данной системе.

Берталанфи показывает, что общее уравнение открытой системы может иметь три вида решений: 1) когда Q_i неограниченно увеличивается; 2) когда достигается не зависящее от времени состояние подвижного равновесия; 3) когда происходят периодические колебания. Во втором случае мы имеем дело с уравнением:

$$T_i + P_i = 0 \ (A \neq 0).$$

В этом случае общее уравнение открытой системы имеет вид:

$$Q_i = Q_{i1}\,(x, y, z) + Q_{i2}\,(x, y, z, t).$$

Это уравнение решается обычными методами интегрирования[9].

Анализируя математический формализм, с помощью которого описываются открытые системы, Берталанфи обнаружил такие характеристики этого формализма, которые при его биологической интерпретации оказываются сходными со свойствами организмов, находящихся в состоянии подвижного равновесия.

Возьмем для примера свойство *эквифинальности*, т. е. способность живых организмов достигать заранее определенного конечного состояния независимо от нарушения начальных условий (из различных начальных состояний и различными путями). В закрытых системах их конечные состояния (например, распределение концентраций вещества) полностью зависит от начальных состояний, что и находит свое выражение в соответствующем «механистическом» формализме.

Иное дело — живой организм. Его конечные состояния не определяются характером начальных условий, а детерминируются его *структурными, целостными свойствами*, и независимо от модификаций начальных состояний (в определенных пределах) организм по истечении некоторого времени приобретает конечное состояние, «предопределенное» его структурой. Организм как бы *стремится* к некоторому конечному состоянию (как правило, наиболее для него благоприятному). Именно эти свойства живого организма и выражает формальный аппарат теории открытых систем. С его помощью удается описать постоянное сохранение субстрата организма при изменяющихся условиях, динамическую упорядоченность его процессов, восстановление динамического равновесия, эквифинальность и т. п.

При этом весь этот анализ проходит в контексте строгого термодинамического исследования, освобождающего биологию от виталистических интерпретаций и дающего научное объяснение «телеологическим» свойствам живых систем.

Термодинамическая сущность теории открытых систем — основание ее позитивных результатов и одновременно причина ее некоторой ограниченности. В этой связи важно подчеркнуть следующий момент. Как правильно заметил А. Рапопорт, в теории Берталанфи достаточно строгое определение дано лишь понятию «закрытая система». Открытая система определяется им как нечто дополнительное по отношению к закрытой системе, т. е. как система которая не является закрытой[10]. При этом Берталанфи по сути дела рассматривает лишь особый класс открытых систем. В качестве такового у него выступают открытые системы, стремящиеся к состоянию подвижного равновесия (эквифинальные системы — частный вид таких систем).

Каждая система такого вида имеет некоторое начальное состояние, которое может варьировать в значительных пределах, определенный структурный механизм и конечное состояние, которое для каждой системы является постоянным. Согласно принятой теоретической позиции, структура системы определяет ее поведение и развитие, но в рамках теории открытых систем структура и механизм ее воздействия на систему не анализируются[11]. Теория просто не располагает средствами для этого. Она может лишь — исходя из постоянного и известного в каждом конкретном случае значения конечного состояния — выразить поведение системы как «стремление» к этому конечному состоянию.

Эту задачу в теории открытых систем выполняют так называемые *телеологические уравнения*. В таких уравнениях изменения системы выражаются не в понятиях актуальных условий, а в понятиях удаленности системы от состояния равновесия. Иначе говоря, анализируемые системы описываются таким образом, как будто бы актуальные изменения зависят от конечного состояния, которое будет достигнуто только в будущем[12].

На основании сказанного и учитывая дальнейшую эволюцию теоретических взглядов Берталанфи, можно сделать следующий вывод: теория открытых систем, в разработке которой он принял самое активное участие, явилась *важным шагом к построению общей теории систем*. Хотя теория открытых систем еще не давала возможности

проводить *структурный* анализ систем[13], она нашла широкое применение в самых различных областях научного исследования. В ряде своих работ Берталанфи подробно проанализировал примеры успешного применения теории открытых систем — в анализе организма, клетки и многих других биологических единиц, исследовании реакций в фотосинтезе, в решении некоторых проблем радиационной биологии, в анализе проблем роста, обмена веществ, динамики популяций, многих проблем психологии, прикладной биологии, например биологии рыб, при исследовании вопросов, встающих в современной химии, биохимии, геоморфологии и т. д.[14]

«Общая теории систем» Л. фон Берталанфи

Впервые основные идеи «общей теории систем» были изложены Л. фон Берталанфи в лекциях, прочитанных в 1937–1938 гг. в Чикагском университете[15], а первые публикации по этому поводу относятся только к послевоенному периоду — к 1947–1950 гг.[16]

Причину этой задержки сам Берталанфи объяснял неподходящим интеллектуальным климатом, господствовавшим в науке в 30-е годы, прежде всего неприязнью к теоретическим построениям, к обобщенному анализу объектов. Ситуация резко изменилась в ходе и особенно после Второй мировой войны, когда «общая теория систем» была благосклонно принята научной общественностью[17].

Концепция «общей теории систем» возникла у Берталанфи как обобщение принципов теории открытых систем. Модели, применяемые в теории открытых систем, а также используемый для их построения аппарат, давали возможность анализировать — уже в момент создания теории — не только биологические объекты, но и явления физической химии, психологии, социологии и некоторых других дисциплин. Развитие теории открытых систем в 30–40-е годы обнаружило дополнительные свидетельства в пользу обобщенного характера ее моделей и аппарата. Возникла необходимость осознанного и развернутого изложения этой общности.

По замыслу Берталанфи, «общая теория систем» представляет собой выражение существенных изменений в *понятийной картине* мира, которые принес с собой XX в. При этом он опирается на У. Уивера[18], различавшего три этапа развития предметов научного анали-

за: на первом рассматривалась *организованная простота* (мир классической механики), на втором — *неорганизованная сложность* (мир классической статистической физики), на третьем, в который вступила наука XX в., — *организованная сложность*.

Выдвижение *организованной сложности*, *организации систем* в качестве предмета исследования повлекло за собой постановку новой познавательной задачи. Построение теории организации требует, согласно Берталанфи, решения *проблем со многими переменными*, что означает необходимость введения новых понятийных средств. Характерное для XIX в. стремление свести все уровни реальности к физическому сменилось пониманием мира как множества *разнородных сфер реальности*, хотя и теснейшим образом связанных друг с другом, но не сводимых друг к другу. Наконец, в противоположность *редукционизму* возникла идея построения *единой науки* на пути *перспективизма*. Эта концепция исходит из факта глубокой дифференциации современного научного знания и невозможности построения унифицированной науки на основе физики[19]. В основании перспективизма лежит мысль о том, что общие категории мышления сходны в самых различных отраслях современной науки; отсюда возникает возможность построить единую науку на базе изоморфизма законов в ее различных областях. Это означает, что можно говорить о *структурном* сходстве теоретических моделей, которые применяются в различных научных дисциплинах.

Таким образом, основными задачами «общей теории систем» Л. фон Берталанфи являются: 1) формулирование общих принципов и законов систем независимо от их специального вида, природы составляющих их элементов и отношений между ними; 2) установление путем анализа биологических, социальных и бихевиоральных объектов как систем особого типа точных и строгих законов в нефизических областях знания; 3) создание основы для синтеза современного научного знания в результате выявления изоморфизма законов, относящихся к различным сферам реальности[20].

Рассмотрим теперь пути решения задач «общей теории систем»[21]. Исходным здесь является понимание системы как комплекса взаимодействующих элементов $p_1, p_2,..., p_n$, которые характеризуются количественными мерами $Q_1, Q_2,..., Q_n$. Взаимодействие между элементами означает, что между ними имеет место некоторое отношение R_i. Понимаемая таким образом система может быть описана с помощью дифференциальных уравнений.

В простейшем случае система описывается семейством дифференциальных уравнений:

$$dQ_i / dt = f_i (Q_1, Q_2, \ldots, Q_n) \; t \neq 0; \; i = 1, 2, \ldots, n.$$

При этом абстрагируются от реальных пространственных и временных условий в системе и возможной зависимости актуального функционирования системы от ее предшествующей истории.

Если в системе в некоторое время t прекращаются все изменения, то $f_1=f_2=\ldots=f_n=0$; это означает, что в качестве решения указанной системы дифференциальных уравнений выступают константы и что система достигла стационарного состояния.

В каждой системе, которая движется в направлении к стационарному состоянию, актуальные изменения могут описываться как отклонения от ожидаемого состояния равновесия, к которому система стремится (свойство эквифинальности).

Для характеристики и описания систем Берталанфи использует также следующие формальные системные свойства.

Целостность — изменение любого элемента оказывает воздействие на все другие элементы системы и ведет к изменению всей системы, и, наоборот, изменение любого элемента зависит от всех других элементов системы.

Суммативность — изменение любого элемента зависит только от него самого, и изменение всей системы является суммой изменений независящих друг от друга ее элементов (взаимодействие в этом случае равно нулю).

Механизация — процесс перехода системы от состояния целостности к состоянию суммативности. При этом коэффициенты взаимодействия каждого отдельного элемента системы уменьшаются и при $t \to \infty$ приближаются к нулю.

Централизация — процесс увеличения коэффициентов взаимодействия у части или отдельного элемента системы. В результате незначительные изменения этой части (ведущая часть системы) приводят к существенным изменениям всей системы.

Иерархическая организация системы — отдельные элементы системы представляют собой системы низшего порядка и (или) рассматриваемая система выступает в качестве элемента системы более высокого порядка.

Приведенные определения и способы описания систем дают возможность ввести понятия *закрытой* и *открытой* систем. Вполне естественно, что эти понятия в рамках «общей теории систем» используются в том значении, которое им придано в теории открытых систем.

Следует подчеркнуть, что различие между закрытыми и открытыми системами относительно. Так, организм является типичным примером открытой системы, однако организм совместно с соответствующей ему средой может рассматриваться как закрытая система.

В настоящее время детально разработанной теории термодинамических свойств открытых систем и состояний подвижного равновесия еще не создано. Однако имеющиеся представления на этот счет достаточны для формулирования ряда закономерностей открытых систем и нахождения изоморфизма законов, управляющих поведением таких систем в разных областях реальности.

В рамках «общей теории систем» обобщенные принципы кинетики применяются в равной мере к популяциям молекул и биологических организмов, т. е. к физико-химическим и экологическим системам; уравнения диффузии, сформулированные в физической химии, используются также в социологии для анализа процесса распространения слухов. Другими примерами изоморфизмов являются аллометрический анализ биологических и социальных систем, применение понятия подвижного равновесия и моделей статистической механики к транспортным потокам[22].

Одной из важных проблем «общей теории систем» является *классификация* систем. Акцентируя свое внимание главным образом на открытых системах, Берталанфи предложил различать следующие типы систем:

1) системы, основанные на динамическом взаимодействии частей (эквифинальные системы);

2) системы, в основании которых лежит схема обратной связи;

3) системы типа гомеостата У. Росс Эшби[23].

По Берталанфи, задачей «общей теории систем» является исследование общих законов организации закрытых и открытых систем, а кибернетическая схема обратной связи характеризует только определенный вид открытых систем. «Обратная связь, — пишет он, — базируется на круговой причинной цепи и механизмах, управляемых посредством информации, фиксирующей отклонение от состояния, которого нужно достичь, или от цели, которой нужно добиться»[24].

В этом описании схемы обратной связи легко узнать общий механизм действия «телеологических» уравнений Берталанфи.

Схема обратной связи, подчеркивает Л. фон Берталанфи, носит довольно специальный характер. В живых организмах существует много регуляций другой природы: это те регуляции, которые связаны с динамическим взаимодействием процессов. Сюда относятся, например, эмбрионные регуляции, когда целое восстанавливается из частей в эквифинальном процессе (опыты Дриша). Берталанфи считает, что *первичные регуляции* в органических системах (т. е. те регуляции, которые наиболее важны и в эмбриональном развитии, и в эволюции) имеют как раз природу *динамического взаимодействия*. Позднее на них накладываются *вторичные регуляции*, контролирующие поведение посредством некоторого фиксированного устройства. К ним, в частности, относится и *обратная связь*. Это положение дел — следствие общего принципа организации. Поначалу биологические, нейрофизиологические и психологические системы управляются динамическим взаимодействием их компонентов, позднее возникает некоторое фиксированное «устройство» и накладываются определенные принудительные условия, которые делают систему и ее части более эффективными, но одновременно постепенно уменьшают и в конце концов сводят на нет ее эквифинальность[25].

Динамическое взаимодействие оказывается, таким образом, основополагающим признаком открытых систем, исследуемых Берталанфи. Схема обратной связи рассматривается им как производная от динамического взаимодействия, и она реализуется лишь в ходе процесса динамического взаимодействия системы.

Берталанфи все время подчеркивает определенное родство схемы обратной связи с *машинным представлением организма*, характерным для XIX и первой половины XX в.[26] «Хотя модель гомеостазиса, — пишет он, — выходит за рамки старых механистических моделей благодаря тому, что учитывает направленность в саморегулирующихся круговых процессах, она все еще опирается на машинную теорию организма»[27]. В этой модели он усматривает сильное влияние утилитаристских концепций конца XIX в. и понимание организма только как реактивной системы.

В своих более поздних работах, опубликованных в 60-х годах, Берталанфи более детально развивает эту мысль. В основании представления об организме как машине лежит, по его мнению, *концепция ро-*

бота — понимание психофизического организма только как реактивного по отношению к биологическим стимулам, сведение высших функций к первичным биологическим факторам и попытка объяснения сложного поведения как комбинации элементарных биологических «единиц». Несостоятельность этой точки зрения применительно к психологии человека была убедительно доказана психологией развития и генетической эпистемологией Ж. Пиаже, а также различными теориями личности. В результате удалось установить, что схема гомеостазиса неприменима: 1) к динамическим регуляциям; 2) к спонтанной деятельности организма; 3) к процессам роста, развития, творчества и т. д., т. е. к тем формам активности, которые имеют не только одну биологическую ценность[28].

Общий вывод, к которому приходит Берталанфи, формулируется им следующим образом: ...В развитии и эволюции динамическое взаимодействие (открытая система), по-видимому, предшествует механизации (структурным механизмам главным образом типа обратной связи). В этой связи общая теория систем логически может рассматриваться как более общая теория: она включает системы с обратной связью как особый случай, но это утверждение не является истинным vice versa»[29].

Таким образом, основной акцент в «общей теории систем» Берталанфи сделал на анализе открытых систем и динамического взаимодействия внутри системы: это проявляется в его определении системы, в предложенной им классификации систем и т. д.

Основной способ построения «общей теории систем», согласно Берталанфи, состоит в установлении изоморфизма законов, действующих в различных областях. Именно вокруг этого пункта вот уже несколько десятилетий не стихает острая дискуссия.

Уже в 1951 г. К. Гемпель — один из лидеров американской аналитической философии науки — заметил: «Я не считаю... что признание изоморфизма законов добавляет что-либо новое или углубляет наши теоретические представления о явлениях в двух рассматриваемых областях»[30]. Позднее, в 1956 г., Р. Бак, критикуя работы по теории систем Дж. Миллера и других, выступил против установления изоморфизма с аргументом: «Ну и что? Что следует из того факта, что установлен изоморфизм законов в тех или иных областях науки?»[31]. И, наконец, на втором симпозиуме по теории систем в Кейсовском технологическом институте (лето 1963 г.) один из создателей исследования операций Р. Акофф, подробно анализируя концеп-

цию Берталанфи, говорил: «...Мне совершенно неясно, чему можно научиться, наблюдая подобный изоморфизм»[32].

Берталанфи неоднократно пытался ответить на эту критику. Уже в своей работе 1949 г. «Das biologische Weltbild»[33] он построил теорию различных ступеней описания явлений. Согласно этой теории, первой ступенью описания является установление *аналогий*, т. е. внешнего сходства свойств исследуемых объектов. Вторая ступень состоит в выявлении *логических гомологий (изоморфизма)*, т. е. в констатации формально одинаковых законов, управляющих функционированием материально различных явлений. Только третья ступень представляет собой *собственно объяснение*, т. е. указание условий развития отдельных явлений и специальных закономерностей, по которым протекают эти процессы. Отрицая существенную научную ценность аналогий, Берталанфи настаивает на большом научном значении логических гомологий, исследование которых представляет собой основное содержание «общей теории систем»[34]. Установление гомологии он называет объяснением в принципе и утверждает, что «объяснение в принципе лучше, чем отсутствие объяснения»[35].

Берталанфи подчеркивает то обстоятельство, что установление изоморфизма дает возможность вскрыть «определенные общие принципы», приложимые к системам[36], что целью «общей теории систем» является не выявление «более или менее неопределенных аналогий, а установление принципов, пригодных для объяснения явлений, не учитываемых обычной традиционной наукой»[37]. Обнаружение гомологии дает возможность сформулировать некоторый общий структурный принцип, который может оказаться полезным в дальнейшем исследовании и, кроме того, сам может подвергаться анализу, например, математическому. Берталанфи особо обращает внимание на то, что любой общий закон по сути дела подразумевает определенную аналогию между объектами, подпадающими под его действие, и использование оправданных аналогий представляет собой один из фундаментальных методов науки[38]. Следует, однако, отметить, что ответы Берталанфи на критику не во всем достаточно убедительны.

Конечно, суждение об изоморфизме законов в некоторых научных областях не может быть априорным. Установление подобного изоморфизма требует эмпирического исследования и играет важную эвристическую роль. Во-первых, благодаря этому возрастает ценность аналогии между объектами: достаточно выявить такие аналогии,

и принципиальный факт возможности изоморфизма определяет выбор направления дальнейших исследований. Во-вторых, установленный изоморфизм законов и понятий дает возможность избегать дублирования — детализированные следствия для исследуемой области объектов могут быть получены с большой вероятностью путем переноса с соответствующей модели. И, наконец, в-третьих, суждения теоретика систем о совокупности вскрытых им изоморфизмов характеризуют некоторый концептуальный каркас современной науки (на достаточно высоком уровне абстракции), что, несомненно, также обладает эвристической ценностью.

Вместе с тем необходимо признать, что сами по себе установленные изоморфизмы дают немного в понимании системного и структурного строения объектов исследования. Описывая в лучшем случае *макроструктуру* определенных фрагментов мира, они по существу ничего не говорят относительно *микроструктуры* и *системных свойств* рассматриваемых объектов. Именно этот принципиальный недостаток «общей теории систем» Берталанфи отмечался в 1960 г. в нашей с В.А. Лекторским статье[39]: степень проникновения в «существо дела» зависит не от установленных изморфизмов, а определяется совершенно другими логическими требованиями. Иначе говоря, собственно системный анализ требует более разветвленных и совершенных средств исследования, чем принцип изоморфизма законов и аппарат телеологических уравнений, которыми располагает «общая теория систем» Берталанфи.

Аналогичное утверждение справедливо и для системной концепции У. Росс Эшби, выраженной, в частности, в его статье «Общая теория систем как новая научная дисциплина»[40]. Эшби вместе с Берталанфи и другими сторонниками общей теории систем считает ее основной задачей анализ систем как некоторых целостностей. Эшби пытается решить эту задачу в рамках кибернетического способа исследования. В силу этого он отдает предпочтение дедуктивному методу анализа систем и выдвигает концепцию системы как «черного ящика»[41]. В полном соответствии с указанным тезисом Эшби рассматривает общую теорию систем как дисциплину, идущую в русле кибернетических исследований[42].

Однако в этом случае возникает ряд вопросов. Главный из них заключается в следующем: является ли исследование «черного ящика» достаточным способом познания сложных целостных систем? Конечно, нет, ибо в противном случае мы вынуждены ограничить наше зна-

ние лишь знанием с точностью до изоморфизма. Приходится, таким образом, признать, что кибернетический способ анализа (модель «черного ящика») оказывается лишь одним из возможных методов исследования систем (к тому же, безусловно, весьма далеким от совершенства).

Основная ограниченность этого метода заключается в том, что он не имеет средств для реального проникновения *внутрь* системы. Но тогда возникает проблема: возможно ли разложить целостную систему на отдельные компоненты таким образом, чтобы не потерять ее целостных, интегративных свойств? Вопрос чрезвычайно трудный. Хорошо известно, что классическая наука XIX и начала XX вв. использовала, как правило, процедуры анализа такого рода, что сложить затем целостный объект из результатов анализа оказывалось невозможным. Именно чрезвычайной сложностью проблемы можно объяснить также и то, что работы, выполненные в «организмическом» духе, пытаются овладеть исследуемым предметом не прямо, а с помощью тех или иных обходных путей: либо посредством телеологического описания (Берталанфи), либо на пути использования модели «черного ящика» (Росс Эшби). Однако и в том и в другом случае до реальной стратегии синтеза оказывается еще очень далеко: исследуемый предмет берется как целостный и, дабы не разрушить это его важнейшее свойство, он не подвергается анализу, а лишь рассматривается с точки зрения его поведения как целого. Несомненные ограниченности подобных процедур заставляют искать более адекватные способы исследования систем.

Таким образом, как принцип изоморфизма и аппарат телеологических уравнений Берталанфи, так и метод «черного ящика» Эшби в качестве средств построения общей теории систем обнаруживают свои очевидные ограниченности. Если в концепции Берталанфи пределы системному анализу ставит принципиально эмпирический путь исследования, что дает возможность получить лишь чисто феноменологическое описание объектов и процессов, то используемый Эшби аппарат анализа упускает из рассмотрения многие важные системные характеристики исследуемых объектов. Иначе говоря, и в том и в другом случаях не удалось пока выработать адекватных средств исследования систем. Неудивительно, что такое состояние дел породило в последние десятилетия множество иных вариантов построения общей теории систем (М. Месарович, Л. Заде, О. Ланге, Дж. Клир, А.И. Уёмов, Ю.А. Урманцев и др.).

Я уже отмечал, что одним из стимулов разработки «общей теории систем» для Берталанфи было стремление объединить науки, развить, по словам К. Боулдинга, «обобщающий слух», преодолевающий «глухоту специализации». Берталанфи прекрасно осознал неудачу логических позитивистов в создании «унифицированной науки»[43] и пытался подойти к этой проблеме с помощью «общей теории систем». Возникает вопрос, насколько удалась эта попытка?

Взгляды Л. фон Берталанфи на этот счет были подвергнуты решительной критике Р. Акоффом[44]. «Предложенный Берталанфи метод объединения наук приведет лишь к дальнейшему разделению как теоретических и прикладных направлений неформализованных наук, так и к увеличению разрыва между формализованными (точными) и неформализованными науками». «Берталанфи не усмотрел логического заблуждения в попытке приобретения или построения знания сложного из знания простого» (ибо «простые закономерности нельзя выявить в начале исследования»), «и в результате он стал жертвой этого заблуждения, попав в более тонкую ловушку, чем логические позитивисты»; его метод объединения наук равносилен «попытке запереть конюшню после того, как лошадь уже украдена». По мнению Р. Акоффа, все это проистекает вследствие того, что Л. фон Берталанфи не различил науку как *вид деятельности* и как ее *результат* и ошибочно предположил, что «структура природы изоморфна структуре науки».

Критические суждения Акоффа кажутся весьма весомыми. Действительно, «общая теория систем» Берталанфи, ограниченная поисками изоморфизмов, т. е. анализом законов и теорий, абстрагируется от рассмотрения научной деятельности, что, вполне естественно, ограничивает ее возможности. Однако проблема анализа деятельности, значение которой хорошо осознают многие в современной науке, весьма далека от своего решения. И Акофф, конечно, заблуждается, считая, что исследование операций способно решить эту проблему. Исследование операций, при всей его практической важности, строится в основном эмпирически и не располагает теоретическими моделями деятельности как таковой. Смешанные коллективы, анализ объектов в их самых разнообразных аспектах и т. д. — все это полезные методические приемы, однако они не только не решают задачи объединения наук, но и, как правило, вообще имеют дело не с анализом собственно систем, а лишь объектов достаточно сложной природы.

Р. Акофф допускает неточность и в другом отношении, полностью отвергая изоморфность структуры природы и структуры науки. Конечно, природа несравненно сложнее и богаче любой научной картины. Однако наука для того и существует, чтобы определенным образом описывать и отображать мир. Поэтому, учитывая теоретико-познавательные трудности, связанные с процессом научного исследования, мы, однако, с полным правом можем рассматривать структуру науки как хотя бы относительно изоморфную структуре природы. И тогда попытки унификации науки путем анализа ее результатов не кажутся столь безнадежными, как это представляет себе Акофф. Этот путь, конечно, достаточно ограничен, но при условии осознания его ограниченностей он отнюдь не бесполезен.

Следует обратить внимание еще на один момент. Природа и наука столь сложны и многообразны, что, как правильно отметил А. Рапопорт, невозможно дать категорического обоснованного ответа на вопрос: подход гарантирует «успех» в объединении науки[45]. Есть все основания предполагать, что решение этой проблемы пойдет многими путями. В их ряду свое место занимает и путь Берталанфи.

В ходе своего развития «общая теория систем» Л. фон Берталанфи конституировалась как широкое научное направление, включающее в себя достаточно обширный комплекс современных методов научного и технического исследования и даже целый ряд дисциплин. Однако такое ее расширительное толкование[46] свидетельствует об аморфности в понимании ее задач и статуса. Действительно, учитывая эволюцию, которую претерпело понимание «общей теории систем» в работах Берталанфи, можно констатировать, что с течением времени имело место постоянное расширение задач этой концепции при фактически неизменном состоянии ее аппарата и исследовательских средств. Выделение в понятии «общая теория систем» двух смыслов[47] явилось следствием этой тенденции к обобщенности и универсальности, однако при этом создалась парадоксальная ситуация. Строго научной концепцией (с соответствующим аппаратом, средствами и т. д.) можно считать лишь «общую теорию систем» в узком смысле. Что же касается «общей теории систем» в широком смысле, то она либо не отличается от первой (один аппарат, одни исследовательские средства и т. д.), либо, превращаясь в общее название целого комплекса современных научных дисциплин, теряет статус подлинной науки.

Л. фон Берталанфи, как нам представляется, не смог решить этой дилеммы. Его «общая теория систем» содержит элементы и того

и другого. И, отдавая должное этой попытке построения общей теории систем, мы вместе с тем должны хорошо осознавать ее ограниченность и стремиться получить более адекватные представления о системах. В этом движении не следует забывать четкого вывода, сделанного Берталанфи в 1962 г., — различные варианты системного анализа «не являются и не должны рассматриваться как монопольные. Один из важных аспектов современного развития научной мысли состоит в том, что мы более не признаем существования уникальной и всеохватывающей картины мира. Все научные построения являются моделями, представляющими определенные аспекты, или стороны, реальности». «Различные теории систем... являются моделями различных аспектов мира... Это, конечно, не исключает, а скорее предполагает возможность последующих синтезов, в которые войдут и будут объединены различные современные исследования целостности и организации»[48].

«Общая теория систем» Л. фон Берталанфи в контексте основных парадигм системного мышления XX века

«Общая теория систем» Л. фон Берталанфи не была единственной системно-методологической концепцией, которая вызвала в XX в. большое внимание научной общественности в США, России, Великобритании, Польше, Венгрии, в Канаде, Испании и других странах. В завершившемся столетии таких концепций было, как минимум, пять[49].

Исторически первой системно-методологической концепцией, выдвинутой в XX в., была *тектология,* или *«Всеобщая организационная наука»* Александра Александровича Богданова (1873–1928). Впервые идеи тектологии были опубликованы в 1913–1917 гг.[50] При жизни Богданова «Тектология» несколько раз переиздавалась в полном и сокращенном вариантах (в том числе в 1926–1928 гг. был опубликован ее немецкий перевод в двух томах), затем наступил почти семидесятилетний период забвения тектологических идей в Советском Союзе, вызванный известными идеологическими причинами; западные же ученые о тектологии в это время практически ничего не знали. Только в 1989 г. появилось новое издание «Тектологии»[51], и только что это основное богдановское научное сочинение вновь переиздано[52].

В 30–40-е годы значительную известность приобрела системно-методологическая концепция польского философа и методолога науки Т. Котарбиньского (1886–1981) *праксеология*[53], задачей которой является построение общесистемной теории рациональных человеческих действий.

«Общая теория систем» Людвига фон Берталанфи (1901–1972) впервые была представлена научному сообществу в середине 30-х годов XX в. Читатель, я надеюсь, получил, в частности, из настоящей статьи достаточное представление о ее целях, задачах и методах.

Время первых публикаций по *кибернетике* практически совпадает со временем первых публикаций по общей теории систем, это — конец 40-х годов. Основополагающее сочинение по кибернетике — одноименная книга Норберта Винера (1894–1964) «Кибернетика» вышла в свет в 1948 г.[54], а в 50–70-е годы кибернетические исследования приобрели очень широкую популярность.

И, наконец, пятое направление разработки системно-методологической проблематики в XX веке связано с развитием *синергетики, построением теорий самоорганизации, неустойчивых динамических систем, теорий катастроф и хаоса.* Это направление стало активно разрабатываться в последнюю четверть прошлого столетия, и его — в отличие от ранее названных — нельзя связать с деятельностью какого-либо одного ученого; оно — продукт работы, Г. Хакена, М. Эйгена, А.А. Андронова, А.Н. Колмогорова, Р. Тома, Я.Г Синая, В.И. Арнольда, И. Пригожина, Н.Н. Моисеева, В.Н. Костюка, В.И. Аршинова и многих других[55].

Как хорошо известно, *историческая последовательность научных событий* — открытий, формулирования гипотез, построения теорий и т. д. — часто не совпадает с *последовательностью влияния этих событий на научное сообщество.* Именно такая ситуация имела место с системным мышлением.

Действительно, системность тектологии Богданова — это ее неотъемлемое и наиболее существенное свойство. Законы организации комплексов, считал ее автор, едины для любых объектов. «Комплекс» — это богдановский вариант современного понятия «система», к тому же проинтерпретированного не просто как *множество взаимосвязанных элементов*, а как *процесс изменения их организации, обусловленный структурной связанностью комплекса и его окружения.*

В «Тектологии» Богданов выделил универсальные типы систем, подверг анализу основные организационные механизмы подбора, ко-

торый может быть положительным или отрицательным, причем, взаимодополняя друг друга, эти две формы подбора организуют весь мир. Богданов исследовал ряд других аспектов организационного развития: проанализировал расхождения и схождения форм, дал оценку путей реализации подбора, описал типы системных кризисов, возникающих в процессах организации и дезорганизации, и т. д. К этому необходимо также добавить, что в «Тектологии» предвосхищена идея обратной связи (бирегулятор по терминологии Богданова), по существу сформулирована идея изоморфизма систем, на которой базируется как кибернетика Н. Винера и У. Росс Эшби, так и «общая теория систем» Л. фон Берталанфи. Примечательно, что еще до создания тектологии в своей главной философской работе «Эмпириомонизм» (1904–1906) Богданов достаточно подробно рассмотрел основные принципы метода моделирования (в его терминологии — подстановки), значение которого для современных научных исследований и, конечно, для системного мышления трудно переоценить.

И вот несмотря на все это глубоко системное содержание «Всеобщая организационная наука» Богданова не оказала — *в историческом контексте* — практически никакого влияния на формирование системного мышления вплоть до 60-х годов XX в. Винер и фон Берталанфи, как можно судить по их работам, не знали тектологии Богданова и никогда на нее не ссылались (хотя для фон Берталанфи, как отметил Р. Маттезих[56], это весьма странно: работая в 20-е гг. над системными проблемами, он вряд ли мог пропустить немецкое издание «Тектологии» (1926–1928) и рецензию на первый том этого издания (1927)).

Не больше в этом плане повезло и праксеологии Т. Котарбиньского, которая была задумана и реализована как общая теория рациональной деятельности. Ее общесистемная ориентация не вызывает никаких сомнений, но воздействие на формирование системного мышления было практически нулевым. Только в самое последнее время благодаря усилиям нынешнего лидера праксеологических исследований в Польше В. Гаспарского и его коллег, «праксеологически-системный подход» наконец-то был по достоинству оценен как один из исторических источников формирования современного системного мышления.

Сказанное позволяет утверждать, что *по крайней мере четыре из пяти главных теоретических источника системного мышления в XX в. были созданы независимо друг от друга*[57]. Об отношении Винера и Берталанфи к тектологии мы уже говорили. В работах Винера не

содержатся какие-либо утверждения об общей теории систем (из ранних кибернетиков отношение к общей теории систем сформулировал только Росс Эшби, который в начале 60-х годов в явном виде говорил об определенном сходстве кибернетики и общей теории систем: по его мнению, кибернетика — в отличие от общей теории систем — представляет собой одну из специальных теорий систем).

Говоря об *исторической независимости системных программ тектологии, праксеологии, общей теории систем и кибернетики*, мы вместе с тем с полным правом можем утверждать *глубокую теоретическую общность этих концепций*. В последнюю четверть XX в. этот вопрос подробно рассматривался многими системными исследователями (А.И. Уёмов, М.И. Сетров, А.А. Малиновский, Г.Н. Поваров, О.М. Сичивица, И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин, Н.Н. Моисеев и другие).

Системные исследования в XX в. претерпели значительную эволюцию. Ее детальное описание, естественно, не может быть дано в настоящей статье — я ограничусь рассмотрением некоторых наиболее существенных с моей точки зрения моментов.

В истории системных исследований в прошедшем веке практически использовались *три системные парадигмы*[58].

На первой стадии развития системных исследований в XX в. была сформулирована *первая парадигма системного мышления*, согласно которой основные задачи тектологического, системного, кибернетического и т. п. исследований лежат в плоскости нахождения способов *равновесия* (в самом широком смысле этого термина) анализируемых систем.

Вплоть до начала 70-х годов XX в. в центре внимания системных теоретиков находились проблемы исследования равновесных состояний различных типов систем. И тектология А.А. Богданова, и кибернетика Н. Винера, и «общая теория систем» Л. фон Берталанфи, и математическая общая теория систем М. Месаровича, и системно-кибернетические концепции У. Росс Эшби, А. Рапопорта, К. Боулдинга и многих других — все они ориентированы на исследование достижения равновесия систем[59].

Кардинальный поворот в этом отношении произошел только в последней четверти XX в. Этот второй период развития современных системных исследований еще не завершился. Его главная отличительная особенность состоит в переходе от исследования условий равновесия систем к анализу *неравновесных и необратимых состояний сложных и сверхсложных систем*. Этот период в литературе час-

то также называется переходом от изучения *простых* к исследованию *сложных* систем, однако неравновесность и необратимость — значительно более точные и емкие характеристики происшедших за последние 25–30 лет методологических и теоретических изменений в системном мышлении.

В соответствие с этой второй парадигмой объект современного системного исследования выглядит следующим образом. Это — сложная и сверхсложная динамическая система, состоящая из большого числа взаимодействующих объектов. Стационарное, т. е. не зависящее от времени состояние такой системы, как правило, *неустойчиво*: отклонения от такого состояния растут с течением времени. В области неустойчивости малые воздействия на систему могут вызывать в ней значительные изменения.

Сложные динамические системы могут быть *линейными* или *нелинейными*. В первом случае система имеет одно единственное стационарное состояние, во втором — различные, в том числе *неустойчивые стационарные состояния*, которые соответствуют различным формам и законам ее поведения. Для линейных систем имеет место теорема о минимуме производства энтропии: система в процессе своей эволюции достигает состояния текущего равновесия, в котором производство энтропии минимально. Устойчивость стационарного состояния линейной системы достигается автоматически.

Принципиально другие формы поведения характерны для нелинейных систем. Для таких систем не действует теорема о минимуме производства энтропии, устойчивость стационарного состояния в этом случае не обеспечивается автоматически. В таких системах, как уже отмечалось, могут быть как устойчивые, так и неустойчивые стационарные состояния, и именно возможная их неустойчивость — причина сложного поведения таких систем.

Все сложные системы, состоящие из большого числа подсистем, флуктуируют — наблюдаемые параметры таких систем подвержены случайным отклонениям от средних значений. При этом если в области устойчивости флуктуации уменьшаются с течением времени до нуля, то в области неустойчивости флуктуации могут стать благодаря положительной обратной связи настолько сильными, что приводят к разрушению данной системы. В такой критический момент — в точке *бифуркации* — достаточно малых воздействий на систему для того, чтобы она скачкообразно перешла из одного ранее устойчивого состояния, ставшего неустойчивым, в новое устойчивое со-

стояние — на более дифференцированный и более высокий уровень упорядоченности и организации, в *диссипативную структуру,* по терминологии И. Пригожина. При этом в точке бифуркации принципиально невозможно предсказать, в каком направлении пойдет развитие системы — к диссипативной структуре или к хаосу. В такой ситуации поведение сложной системы, функционирующей к тому же в условиях необратимости времени, становится *непредопределенным* — не существует множества правил, позволяющих по данному внутреннему состоянию системы и множеству всех воздействий на нее однозначно или с некоторой вероятностью определить ее следующее состояние.

Таким образом, *сложная система*, согласно современным представлениям, *способна порождать порядок и организацию из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации, в котором важнейшую роль играет случайность.* Естественно, что такие особенности поведения сложных систем потребовали их теоретического объяснения. Я укажу на одно такое объяснение, предложенное сравнительно недавно В.Н. Костюком, которое мне кажется весьма перспективным.

Предполагается, что каждая сложная система наряду с ее *актуальным существованием* в данный момент и в данном месте имеет свое *потенциальное бытие,* определяющее, чем данная система может быть при любых мыслимых условиях и чем она принципиально быть не может. Наблюдается только актуализированное воплощение сложной системы; ее потенциальное бытие может быть описано *лишь теоретически*, о нем можно судить и его можно наблюдать лишь при его возможной актуализации или при его воздействии на актуализированную систему.

Такая *двойственная реальность сложной системы — следствие ее нелинейности.* Ведь только нелинейные системы могут иметь некоторое множество неустойчивых стационарных состояний, которые находятся в отношении альтернативности: только одно такое состояние в каждый момент времени реализуется актуально, все остальные, альтернативные по отношению к первому, существуют лишь потенциально. Однако их имплицитное воздействие на актуальное состояние сложной системы может быть весьма значительным, и во всяком случае исследователь ни в коем случае не должен им пренебрегать. Отсюда следует важный методологический вывод — стратегия исследования сложных систем должна обязательно включать как ана-

лиз актуального, так и потенциальных состояний сложных систем, их взаимодействия и условий и механизмов актуализации различных потенциальных состояний таких систем[60].

Изложенное самое общее представление об объекте современных системных исследований, конечно, требует дальнейшего развития и углубления. Сегодня мы существенно по-новому смогли осознать специфику объекта системного анализа, но предстоит еще многое сделать в разработке методов адекватного исследования сложных неравновесных и необратимых систем. Поэтому с полным правом можно прогнозировать, что по крайней мере первые десятилетия XXI века пройдут под знаком дальнейших исследований сложности, неравновесности, нелинейности, необратимости и типов порядка и более высокой организованности, которые могут порождаться этими особенностями сложных систем. Иначе говоря, вторая основная системная парадигма системного мышления будет существовать и в ближайшем будущем.

Две рассмотренные основные системные парадигмы системного мышления XX в. являются *предметно-ориентированными*. Они определяют два различных способа исследования систем, исторически вторая из них следует за первой, но *в реальной практике системных исследований в настоящее время они в определенной степени сосуществуют*.

Третья основная системная парадигма носит иной характер: она *методологически-ориентирована*, направлена не на объекты, подлежащие системному исследованию, а на анализ самых различных *системных теорий*, исследующих такие объекты, и *их концептуального аппарата*. В известном смысле ее можно назвать *метасистемной парадигмой*.

Практически она возникла вместе с рождением системных исследований в XX в. Во всяком случае ее важные элементы содержатся и в тектологии А.А. Богданова (в частности в его сопоставлении тектологии с математикой), и в предложении У. Росс Эшби[61] строить общую теорию систем, начиная с анализа множества всех возможных систем, а затем ограничивая это множество до классов интересующих исследователей типов систем, и в математической общей теории систем М. Месаровича[62], и в других системных концепциях.

Преимущественное внимание именно этому типу системных исследований уделено в параметрическом варианте общей теории систем, разработанным А.И. Уёмовым[63], в построенном Ю.А. Урманцевым варианте общей теории систем, основанном на анализе множе-

ства различных форм симметрии[64]. К третьей основной системной парадигме следует отнести также предложение рассматривать общую теорию систем как *метатеорию системных исследований* (Дж. Клир, В.Н. Садовский и другие)[65].

Третья основная системная парадигма, будучи методологически-ориентированной, будет, безусловно, существовать и в дальнейшем. Конечно на протяжении XX в. в ней происходили определенные изменения, но ее основной объект — исследование системных теорий — оставался неизменным, и поэтому в настоящее время системные исследования развиваются главным образом в рамках второй и третьей системных парадигм при определенном сохранении значения первой системной парадигмы. Все основные направления системных исследований, включая их теоретические источники, сосуществуют и в настоящее время, и «общая теория систем» Л. фон Берталанфи занимает в этом многообразии системных подходов достойное место.

ПРИМЕЧАНИЯ

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект N 01-03-00340а).

[1] В настоящей статье частично использованы фрагменты моих более ранних работ с анализом разработанных Л.фон Берталанфи научных и философско-методологических концепций и теорий, в частности: *Лекторский В.А., Садовский В.Н.* О принципах исследования систем (В связи с «общей теорией систем» Л. Берталанфи) // Вопросы философии, 1960, № 8; *Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1968; *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. М., Наука, 1974; *Blauberg I.V., Mirsky E.V., Sadovsky V.N.* Systems Approach to Systems Analysis // Rethinking of Systems Analysis. Oxford, 1984; *Садовский В.Н.* Проблемы философского обоснования системных исследований // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1984. М., 1984. С. 32–51; *Садовский В.Н.* Смена парадигм системного мышления // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1992–1994. М., 1996. С. 64–78, и других.

[2] *Bertalanffy L. von.* Biophysik des Fliessgleichgewichts. Braunschweig, 1953. S.1.

[3] *Bertalanffy L. von.* Das biologische Weltbild. Bern, 1949. S. 30.

[4] *Bertalanffy L. von.* Theoretische Biologie. Bd. I. Berlin, 1932. S. 5.

[5] См. *Рапопорт А.* Различные подходы к общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник — 1969. М., 1969. С. 60–64.

[6] Понятие «открытой системы» было впервые предложено Р. Дефаем (Defay R. Introduction à la thermodynamique des système ouvertes // Academie Royale de Belgique. Bulletin Classe de Sciences, 53 Serie, 1929). Берталанфи ввел это понятие в биологию в 1932 г. (см. *Bertalanffy L. von.* Theoretische Biologie. Bd. I. Berlin, 1932).

[7] *Bertalanffy L. von.* General System Theory. Foundations, Development, Applications. N.Y., 1968; London, 1971. P. 32 (в тексте настоящей статьи эта работа цитируется по изданию 1971 г.); *Bertalanffy L. von.* Allgemeine Systemtheorie // Deutsche Universitätszeitung, 1957, № 5–6. S. 9.

[8] Приведенные определения сформулированы Берталанфи в книге: *Bertalanffy: L. von.* Biophysik des Fliessgleichgewichts. Braunschweig, 1953. S. 11–12.

[9] См. *Bertalanffy L. von.* Biophysik des Fliessgleichgewichts. Braunschweig, 1953. S. 15–18.

[10] *Рапопорт А.* Различные подходы к общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник — 1969. М., 1969. С. 63.

[11] Примечательно в этой связи то, что рассматривая эквифинальность, Берталанфи говорит не о том, что конечное состояние системы зависит от ее структуры, а о том, что оно «определяется исключительно параметрами системы» (*Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 7 (русский перевод — в: *Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* (ред.). Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., 1969)).

[12] См.: *Bertalanffy L. von.* General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 75–80, 139–141.

[13] В 1962 году Берталанфи очень четко выразил это обстоятельство: модель открытой системы, писал он, «применима преимущественно к явлениям с неструктурным, динамическим взаимодействиям процессов типа метаболизма, роста, метаболических аспектов возбуждения и т. д.» (*Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 7).

[14] См.: *Bertalanffy L. von.* General System Theory // General Systems, vol. I, 1956. P. 1–10; *Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 1–20.

[15] См.: *Bertalanffy L. von.* General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 95–96; *Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 2; *Bertalanffy L. von.* Allgemeine Systemtheorie // Deutsche Universitätszeitung, 1957, N 5–6. S. 9.

[16] *Bertalanffy L. von.* Vom Sinn und der Einheit der Naturwissenschaften // Der Student, Bd. II, 1947, N 7–8. S. 10–11; *Bertalanffy L. von.* Zu einer allgemeinen Systemlehre // Biologia Generalis, Bd. 19, 1949. S. 114–129.

[17] *Bertalanffy L. von.* General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 95–96; *Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 2–3.

[18] *Weaver W.* Science and Complexity // American Scientist, vol. 36, 1948. P. 536–544.

[19] В этой связи Берталанфи подвергает резкой критике физикалистскую концепцию логического позитивизма, показывая невозможность ее реализации (см. *Bertalanffy L. von.* Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften // Atti del XII Congresso Internazionale di Filosofia, vol. V. Firenze, 1962); ср. также: «Поразительно, что люди, объявившие себя «философами науки», не обогатили современную науку ни каким-либо эмпирическим исследованием, ни новой идеей... (*Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 8).

[20] *Bertalanffy L. von.* General Theory of Systems: Application to Psychology // Social Science. Information sur les Sciences Sociales, vol. VI, 1967, N 6. P. 125–126.

[21] См.: *Bertalanffy L. von*. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 53–94.

[22] См.: *Bertalanffy L. von*. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 17–18; *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник — 1969. М., 1969. С. 42–43.

[23] См.: *Bertalanffy L. von*. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 40–46.

[24] Ibid. P. 45.

[25] См.: *Bertalanffy L. von*. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 43–44; *Bertalanffy L. von*. General System Theory — A Critical Review // «General Systems», vol. VII, 1962. P. 6–8.

[26] В этой связи Берталанфи критикует кибернетиков за отождествление системы с обратной связью с открытой системой вообще (см. *Bertalanffy L. von*. Towards a Physical Theory of Organic Teleology // Human Biology, vol. XXIII, 1951. P. 346–361).

[27] *Bertalanffy L. von*. General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 8.

[28] См.: *Bertalanffy L. von*. General Theory of Systems: Application to Psychology // Social Science. Information sur les Sciences Sociales, vol. VI, 1967, N 6. P. 126–127, 129–130.

[29] *Bertalanffy L. von*. General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 8.

[30] *Bertalanffy L. von., Hempel C.G., Bass E.R., Jonas H.* General System Theory: A New Approach to Unity of Science // Human Biology, vol. XXIII, 1951. P. 315

[31] *Buck R.C.* On the Logic of General Behavior System Theory // Minnesota Studies in the Philosophy of Science, ed. by *Feigl H.* and *Scriven M.*. Vol. I. Minneapolis, 1956. P. 223–238.

[32] См.: *Алтаев В.Я.* (ред.). Общая теория систем. Сокращенный перевод с английского. М., 1966. С. 74.

[33] *Bertalanffy L. von*. Das biologische Weltbild. Bern, 1949.

[34] Ibid.. P. 186.

[35] *Bertalanffy L. von*. Allgemeine Systemtheorie // Deutsche Universitätszeitung, 1957, № 5–6. S. 10.

[36] *Bertalanffy L. von., Hempel C.G., Bass E.R., Jonas H.* General System Theory: A New Approach to Unity of Science // Human Biology, vol. XXIII, 1951. P. 341.

[37] *Bertalanffy L. von*. General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 9.

[38] Ibid. P. 9.

[39] *Лекторский В.А., Садовский В.Н.* О принципах исследования систем (В связи с «общей теорией систем» Л. Берталанфи) // Вопросы философии, 1960, № 8. С. 72.

[40] *Ashby W. Ross*. General Systems Theory as a New Discipline // General Systems, vol. III, 1958. P. 1–6.

[41] Ibid. P. 3–6.

[42] См. Проф. У. Росс Эшби в нашем журнале // Вопросы философии, 1965, № 1. С. 155.

[43] В своем докладе на XIV Международном философском конгрессе (Вена, 1968) Берталанфи обстоятельно рассмотрел различные — редукционистский,

лингвистический и энциклопедический — подходы к решению проблемы единства науки. Критикуя Р. Карнапа за его концепцию физикализма, он отмечает, что тезис о сводимости научного знания к физикалистскому языку тривиален, если под ним понимать тот факт, что наука имеет дело лишь с явлениями, поддающимися наблюдению. Этот тезис ложен, если он означает, что концептуальные конструкты науки могут быть сведены или выведены из высказываний наблюдения. Берталанфи совершенно справедливо отмечает, что «высказывания наблюдения всегда предполагают определенный концептуальный универсум» и «никогда не даны в чистом виде» (См. *Bertalanffy L. von*. General System Theory as Integrating Factor in Contemporary Science and in Philosophy // Akten des XIV. Internationalen Kongresses fur Philosophie, Bd. II. Wien, 1968, SS. 335–340).

[44] См.: *Алтаев В.Я.* (ред.). Общая теория систем. Сокращенный перевод с английского. М., 1966. С. 67–71.

[45] Там же.

[46] См.: *Берталанфи Л.фон*. Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник — 1969. М., 1969, стр. 41–45; *Bertalanffy L. von*. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. P. 15–28.

[47] См.: *Садовский В.Н., Юдин Э.Г* (ред.). Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., 1969. С. 29–30; см. также: *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. М., 1974. С. 21–22.

[48] *Bertalanffy L.von*. General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962. P. 4; *Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., 1969. С. 32.

[49] В своих предшествующих работах (см., например, *Садовский В.Н.* Смена парадигм системного мышления // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1992–1994. М., 1996. С. 64–78) я писал о четырех таких концепциях. Теперь следует исправить это утверждение.

[50] *Богданов А.А.* Всеобщая организационная наука (Тектология). Часть 1. СПб., Издание М.И. Семенова, 1913; Всеобщая организационная наука (Тектология). Часть 2. М., 1917.

[51] *Богданов А.А.* Тектология. Всеобщая организационная наука. Книги 1 и 2. Под редакцией *Абалкина Л.И.* и др. М., 1989.

[52] *Богданов А.А.* Тектология. Всеобщая организационная наука. Под редакцией *Попкова В.В., Гловели Г.Д., Мехрякова В.Д.* М., 2003.

[53] См.: *Котарбиньский Т.* Избранные произведения. М., 1963; *Kotarbinski's Praxiology*. Edited by *Dudley P.* Centre for Systems Studies. The University of Hull. 1995.

[54] *Wiener N.* Cybernetics. Paris, 1948 (русские издания: *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М., 1958, 1968, 1983).

[55] См.: *Эйген М.* Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М., 1973; *Хакен Г* Синергетика. М., 1980; *Пригожин И.* От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках. М., 1985; *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М., 1986; *Костюк В.Н.* Изменяющиеся системы. М., 1993; *Костюк В.Н.* Потенциальная реальность и эволюционные процессы // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1995–1996. М., 1996. С. 127–145; *Аршинов В.И.* Синергетика как феномен постнеклассической науки. М., 1999.

[56] *Mattessich R.* Instrumental Reasoning and Systems Methodology, 1978.

[57] Создатели синергетики имели полную возможность и действительно использовали идеи исторически более ранних системно-методологических концепций, прежде всего кибернетики и общей теории систем.

[58] Ранее в некоторых своих работах (см., например, *Садовский В.Н.* Смена парадигм системного мышления // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1992–1994. М., 1996. С. 64–78) я говорил о двух парадигмах системного мышления, но сейчас считаю более правильным выделить три такие парадигмы.

[59] Важные отличительные особенности первой системной парадигмы описаны в предшествующих разделах настоящей статьи.

[60] См. *Костюк В.Н.* Потенциальная реальность и эволюционные процессы // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1995–1996. М., 1996. С. 127–145.

[61] См. статью У. Росс Эшби в сборнике «Общая теория систем». М., 1966.

[62] См., например, *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М., 1973.

[63] См. *Уёмов А.И.* Системный подход и общая теория систем. М., 1978; *Уемов А.И.* Основы формального аппарата параметрической общей теории систем // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1984. М., 1984; *Уемов А.И.* Системные аспекты философского знания. Одесса, 2000.

[64] См. *Урманцев Ю.А.* Симметрия природы и природа симметрии. М., 1974; *Урманцев Ю.А.* Система. Симметрия. Гармония. М., 1988.

[65] См. *Klir G.J.* (ed). Trends in General Systems Theory. New York, 1972; *Садовский В.Н.* Общая теория систем как метатеория // Вопросы философии, 1972, № 4. С. 78–89.

А.И. Уёмов

Л. ФОН БЕРТАЛАНФИ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ

Л. фон Берталанфи был первым, кто провозгласил задачу создания общей теории систем (ОТС). Конечно, у него были предшественники, из которых прежде всего должен быть отмечен А.А. Богданов. Однако Богданов создавал свою Тектологию как общую теорию организаций. Организация и система не совсем одно и то же. Конечно, организовывать можно только системы. Однако организацию нельзя отождествлять с системой. Это скорее действие — создание системы, но систему можно рассматривать и непосредственно, вне процесса её организации. Так, Коперник определил Солнечную систему и не ставил вопроса о том, как она организовалась. Этот вопрос был поставлен значительно позже — Кантом и Лапласом. Но организацию можно рассматривать и в другом смысле — как некоторый аспект, мы будем говорить — дескриптор, имеющий место в любой системе. И лишь иногда организация совпадает с системой.

В чем же преимущество именно понятия системы и что может дать общая теория систем? В одной из своих работ Берталанфи провозглашает: «Системы всюду!»[1]. Это тот термин, который чаще других встречается в современной науке, в политике, хозяйственной и общественной жизни. Поэтому, если создать общую теорию систем, она найдёт себе применение также всюду: в самых разных областях действительности.

Бурбаки выделяют несколько разработанных в современной математике математических структур: алгебры, структуры порядка, топологии[2]. Каждая из них имеет соответствующую теорию. Эти теории в принципе имеют неограниченные сферы применения. Однако применения оказываются наиболее значимыми в сфере неорганического естествознания. Математизация гуманитарных наук до сих пор не касается того, что является в них наиболее существенным. Отчасти по этой причине здесь наблюдается застой по сравнению с впечатляюще быстрым развитием физического знания.

Не сможет ли категория «система» стать ядром новой математической структуры — по Бурбаки, такой структуры, которая позволит выявить нечто важное для понимания проблем гуманитарного знания?

Сам Берталанфи говорит об этом так: «Путаница и противоречия, характерные для широкого спектра современных социологических теорий (Sorokin [82, 83]) заставляет сделать одно твердое заключение: социальные явления должны рассматриваться как «системы». Течение событий в наше время побуждает к принятию подобной концепции и в истории, учитывая, что в конечном счёте история есть социология, взятая применительно к процессу развития рассматриваемых явлений»[3].

Отметим, что эта мысль подчёркивается В.Н. Садовским в статье, опубликованной в 1996 г.: «Сегодня системное мышление достигло уже такого уровня развития, что в принципе оно способно справляться с социальными проблемами. Задача состоит в том, чтобы эту направленность системного мышления сделать ведущей и основной»[4]. Сказанное не означает превращения общей теории систем в теорию социальных систем.

И Богданов, и Берталанфи справедливо считают, что проблемы легче решаются, если они поставлены в самом общем виде. Поэтому создать общую теорию систем в известном смысле проще, чем создать теорию социальных систем. Задача создания теории социальных систем была поставлена Огюстом Контом, который именно так определял социологию. Однако она до сих пор не решена и именно потому, что не было более общей теории, на которую данная специальная теория систем могла опираться.

В тесной связи с проблемой общности системной теории находится проблема общности определения понятия системы. Существуют десятки различных определений этого понятия. Более 30 из них проанализированы в известной книге В.Н. Садовского[5]. Почти все они страдают элементарными логическими ошибками, представляющими собой нарушения тех правил определения понятий, которые излагаются в учебниках логики.

Наиболее типичная ошибка — *слишком узкое определение.* Это имеет место в тех случаях, когда определение не охватывает всего того множества объектов, которые рассматриваются как системы в рамках той или иной системной интуиции. Сюда относится определение системы как совокупности взаимодействующих объектов, которое давал Берталанфи в своих первых работах по общей теории

систем. Как показано рядом критиков, это определение не охватывает даже всех биологических систем. Например, такую важную систему как биологический вид нельзя представить, в отличие от биологической особи, как совокупность взаимодействующих элементов.

Поэтому теория Берталанфи, ориентирующаяся на его определение, не является общей теорией систем. В лучшем случае — это общая теория взаимодействий.

Противоположная ошибка — *слишком широкое определение*. Она имеет место в том случае, когда определение не даёт возможности отличить систему от несистемы. Таким образом все предметы оказываются по определению системами. И мы должны будем считать системами то, что никакой системной интуиции не соответствует.

Такой дефект присущ определению Холла и Фейджина, которые определяют систему как совокупность вещей с отношениями между ними[6]. Но между любыми вещами, скажем, наугад выбранными из словаря, всегда имеют место какие-то отношения, значит их нужно рассматривать как системы.

В своей работе, перевод которой опубликован в ежегоднике «Системные исследования» за 1973 г., Л. Берталанфи отказывается от определения системы, которое даётся в его прежних работах, заменяя его таким, которое по существу совпадает с определением Холла и Фейджина[7]. Это означает, что если мы будем руководствоваться этим определением в построении общей теории систем, у нас будет не общая теория систем, а общая теория вещей, предметов или объектов. Это, по-видимому, совсем не то, что хотел получить Берталанфи.

Ещё одна ошибка — *круг в определении*. Он имеет место тогда, когда в определение системы включают такие признаки, которые сами могут быть определены лишь с помощью понятия «система». Такова целостность. Целостной или нецелостной может быть только система. Множество, задаваемое перечислением своих элементов, всегда в равной мере целостно или не целостно.

Каким же образом можно дать определение понятия системы, лишённое перечисленных недостатков? Ответ на этот вопрос предполагает исследование тех философских категорий, с помощью которых даётся определение понятия системы. Обычно используются две категории: вещи и отношения — в явном виде и категория свойства — в неявном. Основной вопрос заключается в том, какие именно свойства делают отношения системообразующими. Именно здесь — широкое поле разногласий между различными исследователями. Каж-

дый считает, что системообразующим является один и только один тип отношений, почему-либо существенный для данного исследователя. В зависимости от того, находятся или не находятся вещи в этом отношении, они или являются или не являются системой.

Иной подход не связывает системность с конкретными свойствами отношений. Важно не то, какое именно отношение устанавливается в вещах, а то, что оно *предшествует* данным вещам, ищется в них. Любое свойство может сделать отношение, которое им обладает, системообразующим, если оно является определённым и заданным заранее.

Отсюда — определение понятия системы: системой является *любая вещь, на которой реализуются некоторые отношения, обладающие определённым, заранее фиксированным свойством.* Назовём это определённое свойство *атрибутивным концептом* системы, отношение, им обладающее, — *реляционной структурой,* а вещи, находящиеся в этом отношении, — *субстратом* системы.

Важнейшей чертой приведённого определения является то, что оно означает *относительность понятия системы.* Одна и та же совокупность объектов может быть системой по одному концепту, скажем — взаимодействия, и не быть системой по другому концепту, например — порядка. Здесь мы имеем полную аналогию с понятием системы отсчёта в физике. Пока она не задана, бессмысленно говорить о скорости тела.

Наше определение не является слишком широким, поскольку, при задании концепта, понятие системы чётко противопоставляется несистеме. Вместе с тем, оно и не слишком узкое, поскольку любая вещь может быть представлена как система по какому-нибудь концепту. Поэтому система — это не какой-либо *вид* вещей, а некоторая *модель*, которая может быть построена для любой вещи.

Отметим, что в нашем определении нет порочного круга, поскольку каждое из понятий, используемое в дефиниенсе, может быть определено независимо от понятия «система».

Большая часть тех определений, которые являются «слишком узкими», может быть непосредственно получены из нашего определения путём выбора соответствующего атрибутивного концепта. Так, определение Берталанфи получается из нашего, когда в качестве концепта берётся «взаимодействие».

Однако есть такие определения, которые непосредственно не охватываются нашей схемой. Тем не менее они включаются в резуль-

тат преобразования этой схемы на основе принципа двойственности. Этот принцип проективной геометрии на плоскости означает возможность одновременной замены понятия «точка» на понятие «прямая» и, наоборот, при сохранении истинности суждения. В гносеологии этому соответствует возможность одновременной замены с сохранением истинности категории «отношение» на категорию «свойства» и наоборот[8]. Применяя этот принцип к нашему определению получим двойственное определение: системой является *любая вещь, на которой реализуются некоторые свойства, находящиеся в определённом, заранее зафиксированном отношении.*

Из такого определения в качестве частного случая можно получить определение системы, данное А. Рапопортом, если в качестве свойств взять значения переменных, в качестве отношения — уравнение их связывающее[9].

Определение понятия системы является первой задачей любой общей теории систем. Теория выглядит более стройной, если её остальной категориальный каркас так или иначе опирается на это определение. Исходя из нашего определения понятия системы, выше были введены три важнейших понятия параметрической ОТС: атрибутивный концепт, реляционная структура, субстрат. В двойственном определении этому соответствует реляционный концепт, атрибутивная структура и опять — субстрат.

Всё это — *системные дескрипторы*. Использование понятия системного дескриптора проясняет старую проблему о соотношении систем и структур. Эти понятия зачастую рассматривались как рядоположенные. Говорилось о системах и структурах. Теперь можно говорить только о системах, а структуру, наряду с концептом и субстратом, рассматривать как аспект системы. Кроме указанной тройки, могут быть определены и другие системные дескрипторы. Так, соотнеся структуру с субстратом, можно определить *структурную организацию*, соотнеся субстрат со структурой — *субстратную организацию*. Аналогично можно соотнести концепт со структурой и структуру с концептом.

Следующим шагом в построении параметрической ОТС является введение понятие *атрибутивного системного параметра* (АСП). Характеризуя дескрипторы системы теми или иными свойствами, мы получаем значения АСП. Каждое такое значение определяет собой некоторый тип систем. Например, в одних системах утраченные элементы субстрата восстанавливаются сами собой. Это — *авторегене-*

ративные по субстрату системы. В других системах такое восстановление происходит под воздействием внешней среды. Это — *внешнерегенеративные по субстрату* системы.

В одних системах структура определена субстратом. Это, будем говорить, — *внутренние* системы. В других системах возможны разные структуры на одном субстрате. Это — *внешние* системы.

Теория систем, изучающая всего один АСП, уже может быть названа общей, поскольку ею охватывается весь мир. Но это общность только в *экстенсиональном* смысле. Общность в *интенсиональном* смысле предполагает изучение любых АСП.

Основной задачей параметрической ОТС является определение соотношений между атрибутивными общесистемными параметрами, т. е. установление общесистемных закономерностей. Эта задача может быть выполнена двумя способами.

Первый из них — эмпирический. Он характеризует первый этап развития параметрической ОТС. Было взято около 2000 конкретных систем, каждая из которых охарактеризована с помощью значений 21 атрибутивного системного параметра. Затем эти данные были обработаны с помощью компьютеров. Таким образом было выявлено свыше 30 общесистемных закономерностей статистического характера[10]. Приведём одну из них, свидетельствующую о том, что внешняя регенерация препятствует регенерации внутренней. *Внешнерегенеративная система почти никогда не бывает авторегенеративной.* Так, инъекции инсулина, которые до сих пор применяются при любой форме диабета, давая внешнюю регенерацию этого вещества, уничтожают возможность внутренней регенерации. В последнее время это начинают понимать сами медики. Здесь можно сослаться на книгу М.Я. Жолондза, который категорически выступает против какого-либо применения инсулина (и сахаропонижающих таблеток) при лечении инсулиннезависимой формы диабета, к которой относится 85% больных сахарным диабетом[11].

Недостатки статистических методов выявления общесистемных закономерностей очевидны. Они не дают вполне достоверного вывода и не отвечают на вопрос — почему? В этом плане критика параметрической ОТС за её эмпиричность со стороны И.У. Ачильдиева[12] вполне правомерна, хотя мы и считаем целесообразным допустить эмпирические исследования на первой фазе развития теории. Кстати, Берталанфи, отмечая преимущества эмпирико-интуитивного метода в ОТС, отмечает, что он ближе к реальности, легко проверяем.

хотя и лишён математической элегантности и дедуктивной силы[13]. И всё же он предпочитает дедуктивный путь с использованием математических формализмов. В этом отношении его ОТС разительно отличается от «Тектологии» Богданова, в которой отсутствуют какие-либо формализмы. Для Богданова отсутствие математики в его теории имеет принципиальный характер. В «тектологии» нет математики по той причине, что она — сама математика. В отличие от обыкновенной математики, игнорирующей проблемы организации и поэтому считающей, что 1+1 всегда равно 2, в тектологии 1+1 может быть меньше или больше двух. Однако тектология не строится как математическая теория. В ней нет символизма, хотя Богданов и считает его создание важной задачей. В качестве аппарата вывода одних положений из других используется главным образом аналогия. Поэтому его теорию, равно как и теорию его современника М. Петровича, следует отнести к классу аналогических[14]. Широко применяет выводы по аналогии и Берталанфи. Однако он считает, что «в ОТС нет столбовой дороги» и поэтому здесь применимо множество самых разнообразных процедур. Сам Берталанфи для выражения положений ОТС стремится применить дифференциальные уравнения. Однако он понимает их ограниченность, поскольку в теориях, включающих биологические системы, мы всюду встречаемся с дискретностью.

Применение математических формализмов в работах Берталанфи характеризуется известной осторожностью. Так, в своей поздней работе он пишет: «Проблемы нужно предварительно «увидеть» интуитивно и идентифицировать, прежде чем можно будет переходить к математической формализации. В противном случае математические формализмы послужат скорее препятствием к решению реальных проблем»[15].

Такая же мысль, означающая боязнь преждевременной математизации, приводится А.Л. Тахтаджяном[16] и А.А. Малиновским[17]. Последний откладывает формализацию теории систем к тому времени, когда все её положения будут сформулированы окончательно.

Подобные утверждения не учитывают той эвристической роли, которую может играть и зачастую действительно играет математика. Здесь достаточно вспомнить роль математического формализма в открытии планет Нептуна и Плутона, а также в открытии позитрона П. Дираком.

И все же некоторый рациональный смысл боязнь математической формализации имеет. Дело в том, что используемые для формали-

зации ОТС средства современной математики имеют *внешний* по отношению к основному содержанию этой теории характер. Эти средства созданы для решения совсем иных задач, чем те, которые рассматриваются в ОТС. Например, дифференциальное исчисление создано главным образом для решения задач механики. Дифференциальные уравнения широко применяются в механике и в других отраслях физики. Однако это не гарантирует их успех в математизации проблем ОТС.

Сказанное mutatis mutandis относится к алгебраическим и другим конкретным математическим структурам. Особняком стоит использование теории множеств в работе М. Месаровича и Я. Такахары[18]. Здесь математическая структура такова, что она, по определению, относится к любым объектам окружающего нас мира. Однако теоретико-системный и теоретико- множественный подходы к этим объектам диаметрально противоположны друг другу[19]. Если первый связан с первичностью целого, то второй основан на признании первичности элементов.

Отметим, что указанные недостатки математических средств формализации ОТС никак не связаны с преждевременностью их применения. Эти недостатки скажутся не менее ярко и в том случае, когда применение математического аппарата не будет преждевременным.

Выход заключается не в откладывании математизации на будущее, когда истина уже будет достигнута на содержательном уровне, а в переходе от внешней математизации к *внутренней*, имманентной задачам ОТС. Успехи математизации в области механики во многом связаны с тем, что математический анализ был создан специально для решения задач механики. Лагранж мог отбросить внешнюю формализацию с помощью геометрических чертежей, к которой вынужден был прибегать И. Ньютон, и заменить её внутренней формализацией с помощью математического анализа. Как известно, в «Аналитической механике» Лагранжа нет ни одного чертежа.

Соответственно успехов в области формализации ОТС следует ожидать тогда, когда эта формализация приобретет внутренний характер, что будет иметь место в том случае, когда она будет основана на понятийном аппарате ОТС. Это означает, что логико-математический аппарат, адекватный потребностям ОТС, нужно не искать среди существующих формализмов, а создавать его специально для выполнения тех задач, которые перед ним могут быть поставлены.

Берталанфи, по сути дела, ставит задачу создания такого аппарата, когда он пишет: «Уже давно предпринимаются попытки создать «гештальтматематику», в основе которой лежало бы не количество, а отношения, т. е. форма и порядок. Однако возможности реализации такого предприятия появились лишь в наше время в связи с развитием общенаучных представлений»[20].

В известной мере реализация этой идеи осуществлена в настоящее время в виде формального аппарата параметрической ОТС, получившего название *языка тернарного описания* (ЯТО). Пользуюсь случаем, чтобы исправить досадную опечатку, которая имеет место в моей статье «Проблема формализации тектологических понятий», опубликованной в «Тектологическом альманахе» (выпуск 1, М., 2000). Здесь на с. 148 этот аппарат назван языком *тензорного* описания. Заодно укажу и на другую опечатку. На с. 143 есть фраза: «Быть может, Роджер Бэкон, Иммануил Кант да и Карл Маркс в чём-то оказались правы?» Нужно: «не правы».

Термин «тернарное описание» связан с тем, что синтаксис этого формального языка основан на трёх категориях, восходящих ещё к Аристотелю, — вещь, свойство, отношение. Различие между этими категориями считается функциональными, т. е. одно и то же может быть и вещью (= предмет, = объект), и свойством, и отношением[21]. Поэтому нет необходимости обозначать различие между вещами, свойствами и отношениями особыми символами. Такое различие выражается позиционно, подобно тому как это имеет место в десятичной системе счисления. Символ, записанный отдельно или помещенный внутри круглых скобок, обозначает вещь, символ справа от круглой скобки — свойство, слева — отношение. Семантика этих символов не имеет теоретико-множественного характера. Это не множества, не элементы, не числа. Выделяются типы вещей, соответственно — свойств и отношений. Первоначально это были определённые и неопределённые вещи (свойства и отношения). Затем, по мере развития формального аппарата, выявилась необходимость учета третьего типа — *произвольной* вещи (свойства, отношения). Таким образом, вместо достаточно изученной в научной и философской литературе диады: определённое—неопределённое, появилась триада: определённое, которое мы обозначим символом **t** (первая буква английского определённого артикля), неопределённое **(a)** и произвольное **(A)**.

Поскольку свойство записывается справа от круглых скобок, выражение **(A)A** будет означать, что произвольная вещь обладает про-

извольным свойством. Это, конечно, не так. Но мы получим истинное суждение, если подставим вместо **A** неопределённое свойство — **a**. Тогда будем иметь: **(A)a** — произвольный предмет имеет какое-то свойство. Всего возможно 9 вариантов приведённой выше формулы. Все они будут правильно построенными формулами нашего языка.

Другой тип правильно построенных формул имеет вид: **A(A)**. Эта формула означает, что произвольная вещь имеет произвольное отношение. Здесь, как и выше, возможно 9 вариантов.

Существует различие между утверждениями «Произвольный предмет обладает некоторым свойством» и «Некоторое свойство присуще произвольному предмету». С первым мы согласимся сразу, признание же второго требует глубоких философских размышлений. Чтобы отличить второе от первого, воспользуемся скобкой со звёздочкой **(A*)a**. Звёздочка означает, таким образом, изменение направления предикации. В *прямых* формулах, в которых отсутствуют скобки со звездочками, субъектом суждения является вещь, а предикатом — приписанные ей свойства или отношения. В *инверсных* формулах, где имеются скобки со звёздочками, субъектом является свойство или отношение, предикатом — их принадлежность вещи.

Выше была рассмотрена атрибутивная инверсная формула. Аналогично определяются 9 реляционных инверсных формул, например, **a(*t)** — некоторое отношение присуще определенной вещи.

Все приведенные выше формулы выражают собой суждения. Кроме них существуют формулы, интерпретация которых представляет собой некоторые понятия. Например, «Произвольный предмет, обладающий определенным свойством». Будем выражать такие понятия с помощью квадратных скобок, замыкающих соответствующие им суждения. Так, приведенное выше понятие выразится как: **[(A)t]**. Другой пример: **[(A*)a]** — некоторое свойство, присущее произвольному предмету.

Чтобы закончить перечень типов правильно построенных формул, приведем еще один тип: *свободный список* формул, не предполагающий какой-либо связи между ними, например: **A, A.** Если связь имеется или предполагается, то будет иметь место связный список, выраженный с помощью точки, например, **[(A)t]·[(A*)a].** Связный список можно определить формально через ранее введенные правильно построенные формулы.

Заменяя тот или иной символ, входящий в формулу, другой правильно построенной формулой, получим правильно построенные

формулы сколь угодно высокой степени сложности. Например, из **(A*)a** можно получить **([(A)t]*)[(A*)a]**. Разумеется, если формула правильно построена, это еще не свидетельствует о ее истинности.

Если символы **a** или **A** повторяются, то это не означает, в отличие от того, как это принято в математике, что имеется в виду одна и та же вещь. Но эти символы *могут* обозначать одну и ту же вещь. В таком случае перед этими символами ставится греческая буква ι (йота). Если имеется несколько отождествлений одновременно, то йота может удваиваться, утраиваться или снабжаться индексом. Например, возможна формула: **ιa, ιιa, ιa, ιιa, ιιιA, ιιιA.** Здесь отождествляются вещи, обозначенные **a** в первом и в третьем вхождении, обозначенные **a** во втором и четвертом вхождении, а также **A**, находящимся на пятом и шестом месте.

Приведенных элементов формального аппарата ЯТО уже достаточно для того, чтобы построить формализацию данного выше общего определения понятия системы.

(ιA) Система относительно концепта **t** $=_{df}$ **([a(*ιA)])t** (1)

Здесь мы определяем произвольную вещь как систему. В дефиниенсе имеется в виду та же самая вещь, которой приписывается свойство «быть системой» в дефиниендуме. Поэтому оба вхождения символа **A** в определение связываются одним и тем же йота-оператором. Квадратная скобка **[a(*ιA)]** означает «некоторое отношение, реализованное в вещи **ιA**». Дефиниенс в целом приписывает этому отношению определённое свойство **t**, то самое, относительно которого определяется понятие системы.

Следующей задачей является формализация значений атрибутивных системных параметров. Напомним, что такое значение соответствует некоторому виду систем. Определение этого вида может быть произведено через род, которым является понятие системы, и видовое отличие, представляющее собой некоторую характеристику системных дескрипторов. Обе части заключим во вспомогательные фигурные скобки.

В качестве примера приведём формализацию определения внутренней системы, содержательное рассмотрение которой было дано выше.

(ιA)Внутренняя система $=_{df}$ **{([ιιa(*ιA)])t}•{ιA→ιιa}** (2)

Здесь стрелкой обозначено определённое в рамках ЯТО отношение нейтральной импликации, соответствующее отношению импликации логики высказываний. Первая фигурная скобка выражает определение

понятия системы. Вторая скобка выражает условие, накладываемое на дескрипторы системы: субстрат и структуру. Субстрат определяет структуру. Если у нас есть числа три и пять, то есть отношение 3<5.

Формализация значений других атрибутивных системных параметров не всегда столь проста, как в приведённом примере. Она требует развития формализма ЯТО путём введения новых понятий. Все новые понятия определяются в конечном счёте через те типы правильно построенных формул, которые были приведены выше.

В частности, через эти формулы определяются валентные значения: истинность, ложность и контрадикторное отрицание. Обычно они рассматриваются как исходные, примитивные понятия, через которые определяются логические функции. Спецификой ЯТО является применение валентных значений не только к открытым формулам, выражающим суждения, но и к формулам замкнутым, соответствующим понятиям. В ЯТО используются не один, а целых 4 типа импликаций: атрибутивная, консеквент которой является свойством антецедента, реляционная, консеквент которой является отношением антецедента, мереологическая, в которой антецедент включает в себя консеквент в качестве своей части в обобщённом смысле этого слова, и нейтральная, являющаяся обобщением всех других.

Наряду с понятием объекта, используется также понятие объекта, отличного от заданного, понятия надобъекта и подобъекта, а также — диспарата. Все эти объекты могут быть, в свою очередь, определёнными, неопределёнными и произвольными. С помощью всех этих понятий формализованы дополнительные друг другу значения 25 АСП.

Наличие таких формализаций даёт возможность поставить вопрос о дедуктивном выводе связей между ними. Для этого необходима разработка дедуктивного аппарата вывода в рамках ЯТО. В настоящее время такой аппарат разработан. В него входят 4 группы аксиом. Например: **((A)a)T** — любая вещь имеет какое-то свойство (**T** означает «истинно»), **ιA⇒ιA** — закон тождества. Здесь ⇒ знак атрибутивной импликации. **{ιA⇒ιιA}→{[(ιA)ιιιA]⇒[(ιA)ιιιA]}** — аксиома прямого атрибутивного ограничения. Всего существуют 24 аксиомы, связанных с ограничением.

Основное правило вывода — правило подстановки в **A**. Определяются различные условия, при которых такая подстановка правомерна. Определены правила для списков. Например, «связный список формул мереологически имплицирует любую формулу этого списка», правила вычеркивания, постановки и переименования йота-операто-

ров. Есть также правила аналогичные тем, которые используются в современной математической логике: modus ponens и modus tollens.

С помощью этих аксиом и правил вывода доказываются теоремы и производные правила ЯТО. Теоремы ЯТО не следует смешивать с теоремами ОТС. Эти утверждения внутренние для самого формального аппарата. Например: **A⇒t°**. Любой объект атрибутивно имплицирует какой-то объект, отличный от наперёд заданного.

Отметим ещё некоторые особенности излагаемого аппарата. В нём имеется значительный элемент параконсистентности. Он связан с тем, что неопределённые объекты являются амбивалентными, т. е. они одновременно имеют взаимоисключающие валентные значения — истинность и ложность.

Далее — он является семантически замкнутым. Здесь нет необходимости деления на объектный и метаязыки, а значит, необязательно использование готических символов для обозначения формул этого языка. В этом отношении ЯТО похож на натуральный язык. Правда, в ряде статей у нас использовались готические символы, но это делалось скорее из соображений логической респектабельности, чем логической необходимости.

ЯТО — формализм несомненно *логический*. Однако он удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляет к понятию «математическая структура» группа Бурбаки. Поэтому можно считать ЯТО и математикой. Во всяком случае — *логико-математическим формализмом*.

Сейчас уже можно говорить о том, что ЯТО прошёл довольно длительный путь своего развития. Можно выделить 4 этапа, различающихся по числу изучаемых объектов и операций:

ЯТО — I. Это статья «Об одном варианте логико-математического аппарата системного исследования» // Проблемы формального анализа систем (М., 1968).

ЯТО — II. Статья «Формальные аспекты систематизации научного знания и процедур его развития» // Системный анализ и научное знание (М., 1978).

ЯТО — III. Монография «Системный подход и общая теория систем» (М., 1978).

ЯТО — IV. Статья «Основы формального аппарата параметрической общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник (М., 1984).

Три статьи «The Language of Ternary Description as a deviant Logic», опубликованные в журнале математического общества штата Парана (Бразилия) по рекомендации известного бразильского логика Нью-

тона да Косты (Boletim de Sociedade Paranaense de Matematica.– 1995, vol. 15 № 1–2, pp 25–35; 1997 vol. 17 № 1–2, pp 71–81; 1998 vol. 18 № 1–2. P. 173–190).

Сейчас публикуется статья «The Ternary Description Language as a Formalism for the Parametric General Systems Theory» — в «International General Systems» — журнале, наследующем издание Л. фон Берталанфи. Первая часть опубликована в 1999 г. vol. 28 (4–5). P. 351–366, вторая — в печати.

Часто, услышав про ЯТО, задают вопрос: а почему вы не использовали логику предикатов? Отвечаю — использовали, точнее пытались использовать (работы С. Переймера[22]). Но очень скоро было выявлено, что язык логики предикатов слишком беден для выражения значений системных параметров.

Мне не известен ни один из вариантов ОТС, который был бы основан на использовании логики предикатов.

В заключение я перечислю несколько теорем параметрической ОТС, которые доказаны с помощью ЯТО. Предварительно раскрою содержательный смысл тех значений атрибутивных систем параметров, которые использовались в этих теоремах.

1. Структурно-открытая система — такая система, структура которой допускает усложнение без того, чтобы превратиться в другую систему.

2. Структурно-неточечная система — это такая система, структура которой не является однозначно определённой.

3. Гомеомерная система — такая система, структура подсистем которой совпадает со структурой системы в целом.

4. Неминимальная система допускает удаление каких-то её элементов без разрушения системы.

5. Автомодельная система — такая, в которой каждый элемент обладает свойствами системы в целом, и поэтому система в каждом своём элементе моделирует сама себя.

6. Субстратно-гомогенной системой является такая система, в которой произвольное свойство какого-то объекта является свойством всех подсистем данной системы.

7. Неэлементарная система — такая, в которой имеются элементы, представляющие собой системы в том же смысле, т. е. с тем же концептом, что и система в целом.

8. Тоталитарная система — такая, в которой любое отношение в субстрате определяется концептом системы.

9. Система невариативна по своей структуре, если в ней не может существовать никаких отношений, отличных от системообразующего.

10. Жесткая система — такая, в которой структура однозначно определяется концептом.

Указанные значения атрибутивных системных параметров связываются следующими теоремами параметрической ОТС:

1. Любая структурно открытая система является структурно неточечной.

2. Любая гомеомерная система является неминимальной.

3. Любая автомодельная система является субстратно-гомогенной.

4. Если система неминимальна, она также неэлементарна.

5. Если тоталитарная система является неваритивной по своей структуре, она также является жёсткой.

Это лишь ничтожная часть того, что может быть доказано с помощью ЯТО. Каждый может принять участие в этих доказательствах, в случае необходимости развивая формализм ЯТО. Таким образом можно будет превратить ОТС в множество теорем ОТС. Ну, а где же аксиомы ОТС? Их нет. ОТС состоит только из теорем. Роль аксиом выполняет применение формализма. Отсутствие аксиом ОТС избавляет нас от опасности того, что ОТС станет тривиальной теорией, что некоторое время тому назад выдвигалось как аргумент против самой возможности такой теории.

Мы остановились на том, что я считаю главным в развитии параметрической ОТС. Кроме того, в её рамках разработано много других, также существенных для науки вопросов. Так, сформулированы критерии, определяющие меры сложности систем как линейного АСП[23]. В отличие от многочисленных работ по сложности, у нас эти меры различны для разных системных дескрипторов. Так, различаются концептульная, структурная, структурно-субстратная, субстратно-структурная простота—сложность.

Я хочу закончить свою статью чем-то вроде антиэпиграфа. В отличие от эпиграфа, дающегося в начале текста, антиэпиграф я помещаю в конце. Это та мысль, которую мне хотелось бы опровергнуть.

Мой старый друг В.Н. Садовский пишет: «Что же касается собственно общей теории систем, то она, как и 20–25 лет тому назад, представляет собой лишь проект — в форме ли системной метатеории или в любом другом виде, причём проект, относительно которого се-

годня трудно сказать и то, как его осуществить, и даже то, возможно ли вообще такой проект реализовать»[24].

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник 1969. М., 1969.

[2] *Бурбаки Н.* Архитектура математики // Математическое просвещение. 1960, № 5.

[3] *Берталанфи Л.* фон. Общая теория систем. С. 33.

[4] *Садовский В.Н.* Смена парадигм системного мышления // Системные исследования. Ежегодник 1992–1994, М., 1996.

[5] *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. М., 1974. С. 92–102.

[6] *Холл А.Д., Фейджин Р.И.* Определение системы // Исследования по общей теории систем. М., 1969.

[7] *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник 1973, М., 1973. С. 29.

[8] *Уёмов А.И.* Вещи, свойства и отношения. М., 1963. С. 168.

[9] *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. С. 96.

[10] *Портнов Г.Я., Уёмов А.И.* Исследование зависимостей между системными параметрами с помощью ЭВМ // Системные исследования. Ежегодник 1971, М., 1972; *Уёмов А.И.* Системный подход и общая теория систем. М., 1978.

[11] *Жолондз М.Я.* Сахарный диабет. Новое понимание. Спб., 1999.

[12] *Ачильдиев И.У.* В рабстве у систем. М., 1995. С. 25.

[13] *Bertalanffy L. von.* System Theory. Fondations, Developmenl, Applications. N.Y., 1969. P. 96.

[14] *Уёмов А.И.* Общая теория систем. Аналогический и параметрический варианты // Природа. 1975, № 11.

[15] *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем. С. 32.

[16] *Тахтаджян А.Л.* Тектология: история и проблемы // Системные исследования. Ежегодник 1971, М., 1972. С. 274.

[17] *Малиновский А.А.* Общая теория систем и проблема её математизации. // Ergo. Екатеринбург, 1994. С. 111.

[18] *Месарович М., Такахара Я.* Общая теория систем: математические основы. М., 1978.

[19] *Шрейдер Ю.А., Шаров А.А.* Системы и модели. М, 1982.

[20] *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем. С. 24–25.

[21] *Уёмов А.И.* Вещи, свойства и отношения.

[22] *Переймер С.* Общесистемные закономерности, выявленные аналитическими методами // Логика и методология системных исследований. Киев — Одесса. 1977 С. 73–79.

[23] *Мамчур Е.А., Овчинников Н.Ф., Уёмов А.И.* Принцип простоты и меры сложности. М., 1989, гл. II–IV.

[24] *Садовский Н.В.* Смена парадигм системного мышления. С. 71.

М.С. Каган

НАСЛЕДИЕ Л. ФОН БЕРТАЛАНФИ И ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В СФЕРЕ ГУМАНИТАРНОГО ЗНАНИЯ

1.

С первых шагов становления системного мышления — в России начиная с «*тектологии*» А.А. Богданова, на Западе — с «*общей теории систем*» Л. фон Берталанфи — оно осознавалось не как узко биологическое, хотя и разрабатывалось биологами, и даже не как обобщающее методологические принципы естественно-научного знания, а как программа познавательной деятельности, имеющей *всеобщий* характер, т. е. распространяющейся и на познание антропо-социокультурной сферы бытия. В своем критическом обзоре» процесса становления системного мышления в науке XX в. Берталанфи систематически утверждал методологическую общность «биологических, бихевиоральных и социологических областей» научного знания и, более того, посвятил специальный раздел этого обзора — «Теория личности» — системному подходу к анализу психологии и поведения человека, противопоставив его упрощенной бихевиористской концепции, «основанной на схеме стимул—реакция», порожденной, проницательно замечает он, «духовным климатом высокомеханизированного общества», ибо «схема S—R упускает из виду такие сферы психической деятельности, как игра, научное исследование, творчество, самосознание и т. д., ...специфически человеческие формы деятельности, большинство из которых составляют "человеческую культуру"»[1]. Столь же упрощенной считает создатель общей теории систем и психоаналитическую теорию, поскольку «подавляющая часть биологического и человеческого поведения не подчиняется действию принципов утилитарности и гомеостазиса, а также действию по схеме стимул—реакция». Берталанфи убежден в том, что только системное осмысление форм поведения, «характерных для человеческой деятель-

ности и человеческой культуры», «открывает новые перспективы не только в теории, но и на практике — применительно к проблемам психогигиены, образования и общества в целом»[2].

Заключительный раздел данного критического обзора Берталанфи и счел необходимым посвятить проблеме познания «тех высших и пока еще весьма смутно определяемых явлений, которые обычно называют человеческой культурой и цивилизацией»; речь идет о том, поясняет он, что обычно называлось «философией истории», а сам он предпочитает именовать «теоретической историей». Подвергая критике «грандиозные исторические конструкции, построенные, например, Вико, Гегелем, Шпенглером и Тойнби», а также противопоставление неокантианцами «номотетического» метода познания природы и «идиографического» познания истории, Берталанфи утверждает, что, хотя теория систем не может, разумеется, обеспечить историкам «конечные решения» их проблем, она предоставляет им «более здравую методологическую установку», ибо протягивает «связующую нить между «наукой» и «гуманитарными дисциплинами», и в частности между «социальными науками» и «историей»»[3]. Берталанфи не называет здесь имени Ч. Сноу, но имеет в виду именно его, типично позитивистскую, концепцию «*двух культур*», в которой «*гуманитарность*» была выведена вообще за пределы «*науки*»[4].

Еще раньше в обобщавшей его организмическую концепцию книге «Биологическая картина мира. Место жизни в природе и науке», вышедшей в свет в Берне в 1949 г. и переизданной в Вене в 1990 г., в главе «Единство наук» Берталанфи не только выделил характеристики психологии и философии наряду с физикой и биологией, заключив этот обзор параграфом «Общая теория систем»; философия рассмотрена им пунктирно-исторически, начиная с диалектического положения Гераклита «Все течет...», включая соответствующие идеи Николая Кузанского, Лейбница, Гёте, Н. Гартмана, холизм Мейер-Абиха, и кончая — что особенно интересно нам и необычно для европейской научной мысли — абзацем, посвященным советской философии: «Диалектический материализм, — говорится здесь, — исходит, с одной стороны, из философии Гегеля, а с другой, из учения об обществе Маркса и Энгельса. Его основные положения состоят в том, что природа является, во-первых, не нагромождением изолированных единичностей, но органическим целым, порождаемым взаимосвязью и взаимодействием составляющих его частей; что, во-вторых, природа находится не в состоянии покоя и неподвижности,

но в безостановочном движении и развитии; что, в-третьих, в процессе развития переход от одного уровня самоорганизации к более высоким происходит закономерно скачками, так что количественные изменения превращаются в качественные при переходе на более высокие ступени; и что, в-четвертых, природным явлениям диалектически присущи внутренние противоречия, так что процесс развития протекает в форме «борьбы» противоречивых тенденций»[5]. Й. Шурц, автор предисловия к этой книге, имел основания назвать эту статью «Людвиг фон Берталанфи — виртуоз междисциплинарности» и ставит «общую теорию систем», по ее значению в истории научной мысли и практики в XX в., «рядом» с теорией относительности и квантовой механикой[6].

Все же представляется вполне естественным, что дальше провозглашения всеохватывающего масштаба «общей теории систем» ее создатель не пошел — несмотря на его стойкий и глубокий интерес к истории философии и современной философской проблематике, он был все же профессиональным биологом и не мог разработать специфическую методологию гуманитарного знания. Между тем размышления над самим соотношением принципов познания природы и «сверхприродной» реальности, пронизывающие, если не эксплицитно, то имплицитно, всю историю культуры, приобретали особую остроту по мере развития познавательной деятельности человечества; появление системного подхода обострило необходимость методологической рефлексии в этой сфере философского знания.

2.

Не предпринимая в этой небольшой статье попытку рассмотреть всю историю взаимоотношений способов познания этих двух сфер реальности — *природной* и *антропо-социо-культурной*, ограничусь кратким описанием логики изменения их взаимоотношений. Я выделил бы в первом приближении четыре этапа этой истории.

Ее начальный этап характеризовался *строением мифологического сознания*, *прямом переносе* на природу представлений человека о себе самом, о своем сознании и деятельности, о культуре и обществе. Обычно эту «процедуру» называют «*антропоморфизацией*» природы, «*анимизмом*», но она гораздо шире по своей структуре, поскольку миф приписывает природе не только *духовные качества че-*

ловека — его способность чувствовать, думать, любить и ненавидеть, запоминать, мечтать и так далее, но и *культурные действия* — речь, ремесла, художества, религиозные обряды, а также *социальные формы организации совместной жизни* — семейные, государственно-правовые, военные; мифологические образы природного бытия и представляют собой *парафразы бытия социокультурного*, так же как сами боги оказывались *очеловеченными силами природы* (что, кстати, понимали уже античные философы, раскрывая генезис религиозных воззрений и тем самым переворачивая, как принято говорить, с головы на ноги наивные мифологические представления, по сей день обосновываемые теологической и религиозно-философской мыслью, о сотворении богами человека, общества, культуры).

Примечательно, что в обыденной речи закрепилось и сохранилось до нашего времени такое перенесение на природные явления свойств явлений антропо-социо-культурного ряда: так, мы говорим, что птица «поет», что котенок с клубком ниток «играет», что бобры «строят плотины», а паук «ткет» паутину, что в пчелином рое есть «рабочие» пчелы и «королева-матка», что взаимодействие животных в ходе воспроизводства рода образует «семью», что собака «любит» своего хозяина, что существуют «умные» и «глупые» животные — и т. д., и т. п. У взрослых и образованных людей подобные *перенесения свойств высшего на низшее* не устраняют, разумеется, сознания их сущностных, качественных различий, которого нет еще у ребенка, но сам факт перенесения данных названий говорит о бессознательно сохраняющемся детски-наивном представлении, будто различия эти *только в степени сложности*, чисто количественные, в *пределах одного качества*. Однако подобные переносы осуществляют и ученые, осуществляют по сей день — называя, например, сигнальные средства коммуникации животных «*языками*», называя стадные и даже роевые формы коллективной жизни животных «*обществами*»... По сути дела, подобные теоретические построения этологов равнозначны деметафоризации знаменитого стиха Ф. Тютчева «*Не то, что мните вы, природа*...», в котором было прекрасно сформулировано восприятие природы *поэтом, художником* — восприятие, родственное мифологическому, но в корне отличающееся от научного.

Все же для второго этапа истории познавательной деятельности человечества характерен именно *научный* подход к природе, опровергающий библейские — как и все иные — мифы и их метафорические следы в нашем обыденном сознании. Этот этап начался с позна-

ния природы, которое осуществлялось специализировавшимися для данной цели науками — математикой, астрономией, физикой, химией, биологией; оно и неудивительно — ведь природные явления проще по своему «устройству» и функционированию, чем антропо-социо-культурные системы, и потому познание более простого не может не предшествовать изучению более сложного, и столь же естественно, что этот переход первоначально выражался в простом *перенесении качеств простого на сложное* — закономерностей бытия *природы* на жизнь *человека, общества, культуры*. Это проявлялось в фрагментарных отождествлениях — скажем, метафоре Т. Гоббса «*человек человеку волк*», в образе Б. Паскаля «*мыслящий тростник*», или, что имело гораздо более методологически важные последствия, в перенесении на историю культуры трехфазной структуры жизни организма «*детство — зрелость — старость*», а затем и биогенетического закона «*онтогенез повторяет филогенез*». Идя по этому пути, гуманитарное знание стало в XIX–XX вв. мыслить себя как применение методологии естествознания к изучению своих объектов, не придавая принципиального значения качественным отличиям *социокультурных* систем от *природных*: так, О. Конт назвал социологию «*социальной физикой*», А. Грант-Аллен пытался построить «*физиологическую эстетику*», а в XX в. делались многократные попытки создания «математической эстетики», «кибернетической эстетики», «информационной эстетики»; позитивизм придал такой процедуре *осознанно-принципиальное значение*, закрепленное методологическим понятием «*позитивистская редукция*». Между тем вряд ли нужно доказывать, что культуротворческая деятельность человека сложнее инстинктивного и генетически наследуемого поведения животного, что общество на несколько порядков более сложная форма организации совместной жизни, нежели рой, стадо, стая, что психика человека неизмеримо сложнее психики животных. Поэтому, признавая несомненное положительное значение позитивистского редукционизма в XIX в. в той мере, в какой он противостоял мистико-религиозным представлениям о порожденной Богом *коренной противоположности человеческого и животного* как духовного и телесного, психологического и физиологического, бессмертного и смертного, этот методологический «ключ» оказался неспособным раскрыть *специфическую сложность сложного*.

Первым выражением сознания несводимости сложного к простому, в частности анропо-социо-культурных систем к биологическим и,

тем более, физическим, стало провозглашение В. Дильтеем, В. Виндельбандом и Г Риккертом принципиальных различий между двумя группами наук — «наук *о природе*» и «наук *о культуре*» (или «*о духе*», впоследствии названных на Западе «*гуманитарными*», а в СССР «*общественными*»). Их более или менее резкое противопоставление и составляет содержание третьего периода истории науки, выражавшегося, с одной стороны, в уже упоминавшемся отказе Ч. Сноу вообще считать гуманитарное знание *научным*, а с другой — в высокомерном самоотгораживании представителей гуманитарного знания от вырабатывавшихся в естествознании новых методологических принципов — теории относительности и теории информации, принципа дополнительности и кибернетики, системного подхода и синергетики...

Четвертый этап истории взаимоотношений двух групп наук открылся формированием *общей теории систем*, складывавшихся на ее основе принципов *системного подхода* и осознанием необходимости перехода от изолированного существования разных наук к организации *междисциплинарных исследований* сложных систем. Берталанфи и был зачинателем этого движения — с методологической точки зрения самого значительного явления в истории научной мысли XX в. Если первоначально признание охвата этой методологией *всех* сфер научной деятельности — не случайно само понятие «*общая* теория систем» — выражалось в распространении ее основных положений на изучение социо-культурных систем, то со временем становилась все более ясной необходимость расширения ее методологических позиций за счет включения тех познавательных установок, которые соответствуют уровням сложности данного типа системных образований. Ибо, хотя методология познания сложного должна в снятом виде содержать принципы познания простого, она никак ими не может ограничиться, поскольку в этом случае особенности сложного, его системные качества не будут выявлены; следовательно, непродуктивно сводить биологические системы к физико-химическим, нельзя системы социо-культурные сводить к биологическим. Если системы природные *одно*уровневы, *одно*качественны, *одно*родны, то системы антропо-социо-культурные *много*уровневы, образуясь скрещением *разных сил — природных, социальных, культурных*, причем в результате этого скрещения *рождаются новые, эмерджентные* свойства данной системы.

Приведу простой, но представляющийся показательным для данной гносеологической ситуации, пример. Лингвистика изучает

строение, функционирование и развитие языка как сложного системного образования, законы организации которого действуют во всех сферах его использования людьми как основного средства их коммуникации и общения. Когда биолог, этолог, зоопсихолог изучает сигнальные системы животных, он обнаруживает *принципиальное качественное отличие* этих форм коммуникации от словесного языка людей — потому применение в данном случае понятия «*язык*» следует понимать не как научный термин, а как всего лишь метафору, а метафоры, по метафорическому же выражению одного мудрого науковеда, «*ставят силки научному мышлению*». С другой стороны, столь же непродуктивным было бы уподобление структуры обыденной, деловой, даже художественно-прозаической речи качественно отличной от нее языковой структуре *поэтической речи*, в которой правила грамматики и соблюдаются, и нарушаются, если это вызывается потребностью выражения поэтического содержания, а правила семантики, требующие однозначного — *терминологического* — употребления слова, усложняются ввиду целенаправленной — *метафорической* — «игры» на многозначности слова.

Нельзя, следовательно, редуцировать язык как феномен культуры к биологическим коммуникативным системам, и нельзя поэтику редуцировать к лингвистике; вместе с тем, ограничиться их противопоставлением — значит закрыть себе путь к пониманию того, как из коммуникативных средств биологической природы — не только у животных, но у человека, в филогенезе и в онтогенезе, на базе биологически данных ему «языков» мимики, жеста и невербальных звучаний вырастает звуковая словесная речь, для которой и мимика, и жест, и интонация, и тембр имеют только «паралингвистическое» значение; точно так же неправомерно отрывать поэтическую речь от житейски-обыденной — это вело бы к абсолютизации того специфического рода модернистской поэзии, который в русском кубофутуризме и французском леттризме разрушил поэтическое слово, заменив его россыпью звуков или даже букв. Следовательно, чтобы понять «*сверхкоммуникативную*» сущность словесной речи, равно как «*сверхграмматическую*» природу речи поэтической, нужно в обоих случаях *приводить методологию исследования в соответствие с уровнем сложности изучаемых семиотических систем*.

Вот почему, полностью разделяя стремление Э. Ласло обосновать необходимость преодоления дисциплинарной разобщенности наук

и расчет на возможности синергетики в разработке «междисциплинарной единой теории» эволюции, я не могу согласиться с последовательно проведенным в его статье под этим названием игнорированием существенных различий между характером эволюционных процессов в природе и в социокультурной сфере и с убеждением, что такая «единая теория» «будет описывать различные фазы и грани эволюционного процесса с инвариантными общими законами». В том-то все и дело, что, оставаясь на уровне *инвариантов*, нельзя раскрыть своеобразие эволюции самых сложных, сверхсложных систем, ибо закономерности, действующие на нижнем слое данных систем — применительно к бытию человека, закономерности биологические, «сняты» социальными и культурными силами и уже не действуют самостоятельно, подобно их действию в жизни животных. Тем более ограниченные возможности имеет в жизни этих систем математическое моделирование — ведь оно отвлекает количественный аспект их функционирования и развития от качественного, структурный — от содержательного, инвариантный — от характеризующего уникальность каждого конкретного факта, события, действия личности, группы людей, народной массы. В высшей степени показательно, что три крупных ученых — С.П. Капица. С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий — в монографии, посвященной возможностям синергетики в прогнозировании будущего, отчетливо видя стоящие на этом пути трудности: решение задач, «где натурный эксперимент невозможен, вычислительный — неэффективен, система математических моделей не построена», находят выход в том, чтобы «оглянуться назад и посмотреть на историю с точки зрения точных наук, как на полигон для создания и верификации математических моделей, отражающих исторические процессы», как будто есть основания считать, что такие модели действительно «отражают исторические процессы» *в их реальной целостности* — суть дела ведь в том, что в данных процессах математически моделируемая сторона *неотрывна от тех, которые этому методу познания недоступны, но и от них неотделима*. Следует ли удивляться тому, что самоотверженное стремление решить эту неразрешимую задачу приводит авторов к признанию высокой научной ценности фантазий Л.Н. Гумилева и А.Т. Фоменко? И даже ссылка на неоспоримый авторитет В.О. Ключевского не позволяет признать эвристическую ценность «*исторической механики*» — понятия столь же абсурдного, как «*социальная физика*» у О. Конта. Разделяя в полной мере упование на междисциплинарное взаимодействие естествен-

ных и гуманитарных наук для синергетического осмысления этих процессов — я ратовал за это еще в досинергетические времена, не могу все же не заметить, что оно может быть эффективным только при условии *органического, а не механического* их скрещения, то есть такого, которое не разрушает *целостное бытие, функционирование и развитие* самых сложных систем — антропо-социо-культурных.

3.

Между тем на первых порах системный подход обычно называли «*системно-структурным*», и он нередко действительно сводился к структурному анализу — отсюда и понятие «*структурализм*», точно обозначившее эту фазу истории системных исследований (на Западе она была представлена наиболее ярко К. Леви-Строссом, а в СССР молодым Ю.М. Лотманом, назвавшим свою первую книгу «*структуральной* поэтикой»); затем стала осознаваться необходимость связать структурный анализ с функциональным — это и произошло, с одной стороны, в «*теории функциональной системы*» физиолога П.К. Анохина, а с другой — в «*структурно-функциональной*» концепции социолога Т. Парсонса. Но если в изучавшихся ими системах анализ может быть отвлечен от рассмотрения их развития — генетический подход тут факультативен (потому обычно *социологию* противопоставляют *исторической науке*, что отмечал, как мы помним, и Берталанфи, а перед физиологом проблема развития организма вообще не стоит), то в изучении деятельности человека, культуры, искусства — систем исторических по самой их природе — эволюционный подход нужно считать *имманентным системному*, необходимой ему плоскостью познания. Поэтому, когда 30 лет тому назад автор этих строк, оценив эвристические возможности системного подхода, открывшиеся у нас благодаря переводам работ основоположников американской системологии и деятельности в этом направлении первых отечественных философов — И.В. Бауберга, В.Н. Садовского, Э.Г. Юдина, оценивших общефилософский масштаб разработки теории систем и подключившихся к этому движению, преодолевая естественное сопротивление догматиков и невежд, обратился к изучению человеческой деятельности и ее реализации в культуре, он столкнулся с недостаточностью и структурного, и функционального подходов для познания данных систем. Такой ход мысли привел его к написа-

нию статьи «О системном подходе к системному подходу», опубликованной в 1973 г. в журнале «Философские науки», и к изложению ее выводов в первой главе вышедшей в 1974 г. монографии «Человеческая деятельность: Опыт системного анализа» со схематическим изображением трехгранной структуры этой методологической системы (она воспроизводилась с некоторыми уточнениями в последующих моих работах).

4.

Нельзя считать случайным, что в эти же 70-е годы прошлого века, на Западе родилась, а в нашей стране сразу получила признание новая научная дисциплина, получившая название *синергетики*. Ее создатели — И. Пригожин, Г. Хакен. С.П. Курдюмов — вывели ее основные положения из анализа физических процессов, разрабатывали соответствующий математический аппарат, но не знали о существовании общей теории систем, методологии системных исследований и их философского обоснования и обобщения; это значит, что сама логика развития теоретической мысли *объективно сделала синергетику развитием теории систем*, поскольку предметом синергетики являются *процессы самоорганизации, дезорганизации и реорганизации саморазвивающихся диссипативных систем*; эта же логика подняла физическую теорию, раскрывавшую закономерности термодинамических и лазерных процессов, на уровень философского обобщения и осмысления подобных процессов в других системах, в частности антропо-социо-культурных. Предельно четко сформулировал это Г. Хакен: «Вопрос о том, существуют ли общие принципы, управляющие возникновением самоорганизующихся структур и (или) функций, — основной вопрос синергетики... Системы, состоящие из столь различных по своей природе компонентов, как электроны, атомы, молекулы, фотоны, клетки, животные или даже люди, должны, когда они самоорганизуются, подчиняться одним и тем же принципам». Точно так же Г Николис и И. Пригожин в заключении их книги «Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации» сочли необходимым отметить, что обоснованный в ней подход было бы «интересно применить к проблемам социальной и культурной эволюции». Понятно, что физики и математики, подобно биологам-«системщикам», были вынуждены ограничить-

ся самой постановкой вопроса — постулированием *всеобщего характера* действия открытых синергетикой закономерностей, в расчете на то, что это будет доказано конкретными исследованиями специалистов. В этой связи показательно сотрудничество математика С.П. Курдюмова с философом Е.Н. Князевой для совместного теоретического осмысления *общих закономерностей саморазвития сложных и сверхсложных систем, независимо от их субстрата*.

Э. Ласло, конечно же, прав, считая эволюцию общим свойством бытия и соответственно местом грядущей встречи естественных и социально-гуманитарных наук, но он словно не замечает того, что, во-первых, развитие есть *высшая форма эволюции*, а история — *высшая и весьма специфическая форма самого развития*. Правомерно считать, что развитие есть форма эволюционирования *живых систем*, а история — форма развития *систем социокультурных*. Следовательно, рассматривая синергетику как *общую теорию* процессов самоорганизации, дезорганизации и реорганизации сложных и сверхсложных систем, ее неправомерно ограничивать изучением эволюционных законов, с чего начиналась ее жизнь в мире наук, но следует включить в поле ее зрения принципы *превращения эволюции в развитие, а развития — в историю*, иначе она не выйдет за границы термодинамической или лазерной отраслей физики.

В книгах последних лет («Философия культуры», СПб, 1996; «Философская теория ценности», СПб, 1997; «Эстетика как философская наука», СПб, 1997; «Введение в историю мировой культуры», СПб, 2000–2001; «Се человек», СПб, 2001) и ряде статей методологического характера автор этих строк излагал вырабатывавшееся им решение данной задачи применительно к изучению культуры не только на методологическом уровне, но и в конкретном исследовании истории, поэтому сейчас ограничусь заключением, что синергетический подход к изучению истории человечества является развитием системного понимания бытия и высших его социокультурных проявлений.

В последнее время сделан ряд интересных и перспективных опытов разработки отдельных аспектов социальной синергетики — в Петербурге В.П. Бранским в статье «Теоретические основания социальной синергетики» («Петербургская социология», 1997, № 1) и в книге «Искусство и философия», Калининград, 1999), а так же В.В. Васильковой в монографии «Порядок и хаос в развитии социальных систем» (СПб.,1999), и в Москве А.П. Назаретяном (см. его работу «Агрессия, мораль и кризисы в развитии мировой культуры. Синергети-

ка социального прогресса». М., 1995 и ряд последующих статей на эту тему), группами ученых, работающих в Институте философии АН РФ (см. изданный ими сб. «Синергетическая парадигма». М., 2000) и в Академии государственной службы (в серии изданных ими сборников см. посвященный одному из аспектов интересующей нас проблематики «Синергетика и социальное управление», М., 1998). Однако во всех этих работах не ставится вопрос об *особенностях самой системно-синергетической методологии изучения внеприродных процессов*, а без этого, как уже было отмечено, конкретные исследования обречены на произвольность и эмпирическую бессистемность.

Такая методология должна базироваться на понимании того, что же обусловливает историческую природу жизни человечества, включающей ее социальные и культурные аспекты. Представление Маркса об определяющем значении материального производства сохраняет свою силу, но лишь при учете двух обстоятельств: во-первых, того, что материальное производство не сводится к экономике, к производственным отношениям, которые являются «базисом» только по отношению к политической и правовой «надстройке», но *сами вторичны по отношению к производительным силам*; во-вторых, того, что производительные силы общества не сводятся к орудиям труда, к технике, но *включают и человека*, причем человека не как физическую «рабочую силу», а как деятеля, практические действия которого опосредуются, по четкому суждению Маркса в «Капитале», *созданием идеальных проектов того, что он хочет создать, и того, как он это будет создавать*. Поэтому системно-синергетическое понимание истории требует выработки такой модели самого ее субъекта, которое преодолело бы односторонность и экономического, и технологического, и политического, и психологического, и идеологического детерминизма.

Хотя процессы самоорганизации имеют всеобщий характер, *высшей их формой* является развитие антропо-социо-культурных систем — высшей в том смысле, что в них *сложность строения* не только умножена на *сложность развития*, но что последняя порождается *сознательно-целенаправленной деятельностью человека*. В данном случае не имеет значения различие — в других отношениях весьма существенное — между деятельностью личности, коллектива или народных масс, равно как и мера адекватности осознания ими смысла их действий — значение имеет то, что, в отличие от движений электрона, «*свобода воли*» или даже более осторожное выражение «сте-

пени свободы» являются здесь не антропоморфизирующими метафорами, а точными обозначениями уникальной способности человека *выбирать цели и средства своих действий*. Поэтому идет ли речь о выборе киевским князем Владимиром новой религии для Руси взамен язычества, или о признании народными массами Пугачева законным правителем России, или об избрании декабристами конкретной линии поведения 14 декабря 1825 г., в каждом случае сложность того пучка сил, который детерминировал развитие страны в данных обстоятельствах, оказалась *существенно большей,* чем в термодинамических процессах или в миграции птиц с изменением климатического режима. Можно ли в таком случае не включить эту детерминанту поведения в *систему факторов*, определяющих процессы самоорганизации антропо-социо-культурных систем?

Таким образом, значение признанных синергетикой ролей случайности и «малых воздействий» в процессах развития, особенно в «точках бифуркации», существенно возрастает в истории общества и культуры не только само по себе, но и потому, что действие этих факторов *умножается на свободный выбор субъектом деятельности программы своего поведения*. Поэтому синергетическая трактовка отношения «*закономерность — случайность*» в применении к антропо-социо-культурным системам требует дополнения таким неизвестным природе параметром, как отношение «*необходимость — свобода*». Преодоление узко гносеологического понимания свободы как «*познанной необходимости*» и признание ее праксиологически-аксиологической природы как уникальной для живых систем *способности выбора поведенческого акта* определяет ее грандиозное значение в истории культуры. Нельзя не согласиться с Н.А. Бердяевым, который считал свободу *самой сущностью* человека, как и с Ж.-П. Сартром, афористически определившим бытие человека как «*приговоренность к свободе*». Но при этом необходимо иметь в виду, что на разных этапах развития общества — в традиционном, феодальном и в креативистски-инновационном буржуазном, и в разных сферах деятельности — экономической и политической, научной и философской, религиозной и художественной — роль свободы *существенно различна;* это обязывает историка учитывать свойственную каждой из этих сфер и каждому этапу истории *специфическую меру свободы*, не универсализируя и не абсолютизируя ту или иную конкретную ее меру — свободу художника или ученого, свободу того и другого в условиях тоталитарного или демократического общества.

Нелинейность эволюции является, как известно, одним из фундаментальных принципов ее системно-синергетического понимания. Если же социокультурный процесс отличается несравненно более широким спектром проявлений данного его свойства, чем все природные процессы, то объясняется это формированием на определенной ступени данного процесса *личности как субъекта деятельности.* Ибо понятие «индивид» характеризует человека как носителя определенных анатомо-физиологических и психологических свойств, в основе своей врожденных и отличающих его от всех других индивидов, даже одного однояйцового близнеца от другого; поэтому данное понятие правомерно используется и по отношению к животным — каждая особь в помете щенков или котят является *индивидом*, и даже химики используют это понятие в выражении «*химический индивид*». Между тем *личностью* может быть *только человек*, и при том, что таковою он *не рождается, а становится* — или не становится, в зависимости от условий и направленности его формирования: говоря об изначальности взаимоотношений людей в родоплеменном коллективе не как «*Я — Ты*», а как «*Мы — Они*», социальная психология объясняет отсутствие *личности* на этой ступени истории как особого культурного качества индивида; точно так же понятия «*традиционное* общество» и «*традиционная* культура» говорят о том, что и на более высоких ступенях развития человечества подчинение индивида власти традиции означало *ненужность и невозможность развития личностного начала в данных социокультурных системах* — точнее, его появление в рабовладельческом и феодальном обществах только у немногих людей, имевших исключительные условия для обретения этого культурного качества. Фундаментальное культурологическое различие Запада и Востока состоит в том, что Возрождение и Реформация открыли Западу принципиальную возможность *формирования личности в каждом члене общества*, тогда как Восток сохранял до XX в., а во многих случаях сохраняет по сей день, *безличностно-традиционалистский тип культуры*, основанный на мифологическом сознании мусульманского, буддийского, индуистского или чисто языческого склада. Качество личности обретается индивидом на основе осознания им и признаваемого обществом *права свободного выбора системы ценностей и соответственно реализующих ее поведения и деятельности.* Отсюда и возникает *роль личности в истории* — как сформулировал это в свое время Г.В. Плеханов — не индивида, а *именно личности*, и не только великой, но нередко и малой — скажем, не только царя-реформатора Алек-

сандра II, но и его убийцы, само имя которого мало кому известно. Понятно, что многие века господства доличностно-традиционалистского общества сохраняли и политическую, и культурную стабильность на протяжении тысячелетий и столетий, тогда как нелинейная структура развития могла выявиться в полной мере лишь с выходом на историческую арену самосознательной и свободной личности — вспомним, как А.С. Пушкин утверждал, что судить «Бориса Годунова» следует не традиционалистски, по канонам классицистической драматургии, а по законам, им самим, Александром Пушкиным, «над собою принятым». Такая оценка прав и роли личности в развитии культуры объясняет культ Наполеона в Европе — личности, собственным талантом и энергией поднявшейся, как говорили на Руси, «из грязи в князи» и собственной волей изменившей ход истории.

Только понимание принципиального различия самих психологических структур человека традиционного общества и человека общества персоналистского может привести к адекватному истолкованию сложившегося ныне конфликта между вставшим на путь терроризма мусульманским Востоком и цивилизацией Запада, основанной на свободе и творчестве самоценной личности, не забывая при этом, что Средние века, когда и Запад, и Русь находились на уровне традиционного общества, сознание этих народов было таким же, каким является в наши дни сознание «застрявших» в средневековье чеченцев, афганцев и многих других народов Востока...

Главный вывод из всего вышесказанного состоит в необходимости признать: перспектива дальнейшего развития начатого Берталанфи системного движения состоит в разработке методологии изучения самых сложных типов систем, какими являются системы антропо-социо-культурные. Достижение этой цели возможно при условии объединения усилий философии и всех областей социально-гуманитарно-культурологического знания, поскольку в этой сфере бытия системы отличаются крайним разнообразием, которое не может не учитываться методологической рефлексией. Тем самым теория систем становится из биологической философско-онтологической концепцией, а системный подход — из частного способа решения конкретных задач гносеологической программой синергетического исследования.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Берталанфи Л. фон*. Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., 1969. С. 62–63.

[2] Там же. С. 65.

[3] Там же. С. 65–68

[4] *Сноу Ч.* Две культуры. М., 1972

[5] *Bertalanffy L. Von*. Das biologische Weltbild: Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft. Neudruck. Wien-Koeln. 1990. S.185.

[6] Ibid. S. XX.

И.К. Лисеев

СИСТЕМНАЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И СОВРЕМЕННАЯ НАУКА

В истории науки давно подмечена закономерность, согласно которой каждая научная идея проходит в своем становлении и развитии как бы три этапа: этап пророков, когда она угадывается и намечается, этап апостолов, когда она реализуется и утверждается, и, увы, этап апологетов, когда она размывается и извращается.

Сегодня, отмечая 100-летний юбилей выдающегося ученого Людвига фон Берталанфи, мы можем посмотреть на системное движение с довольно внушительных исторических позиций. Такой взгляд дает нам основание назвать А.А. Богданова одним из пророков идеи системности, которую он гениально угадал и в условиях своего времени (начала XX в.) попытался обосновать в своей всеобщей организационной науке (тектологии). С этих же позиций Людвиг фон Берталанфи и его многочисленные сподвижники и последователи являются апостолами системного движения, придавшими ему контуры нового мировоззрения и мировосприятия. И, наконец, в конце XX в., когда идеи системности стали, во всяком случае на словах, общепризнанными, когда без термина «система» уже почти не обходилось ни одно научное и ненаучное мероприятие, мы стали свидетелями глубокого кризиса системного движения. Произошел откат общественного интереса к постмодернистским представлениям, отрицающим какую бы то ни было системность, любые жесткие глобальные схемы, требующие упорядоченного описания реальности. Постмодернизм отрицает все формы монизма и унификации. Не приемлет каких-либо общеобязательных методологических программ. Провозглашает, напротив, множественность этих программ, их многообразие и конкурабельность. Представляет мир как комплекс разобщенных гетерогенных элементов, не оставляя системности, по сути дела, никакого места.

Почему же так произошло? Почему не реализовались радужные ожидания пророков и апостолов системности, или, если говорить более точно, насколько они реализовались? Какое место занимает си-

стемное мышление в методологических конструктах XX в. и есть ли перспективы развития или трансформации этого методологического направления, а если есть, то каковы они? Все эти темы, несмотря на обилие литературы по системному анализу, еще требуют своего философского осмысления.

Сегодня, отдавая должное Людвигу фон Берталанфи, мы может констатировать, что системный подход стал одним из самых мощных методологических регулятивов XX в., превратился во второй половине века в доминирующую познавательную модель.

Надо отметить, что этот факт не до конца осознан, поскольку еще недостаточно само понимание роли познавательных моделей как фундаментальных методологических конструктов. «Познавательные модели, — пишет А.П. Огурцов, — представляют собой инвариантные структуры, лежащие в основании взаимодействия и развития наук на том или ином этапе научного знания, выступающие в качестве конструктивного средства познавательной деятельности, сочетающие в себе абстрактность с наглядно-знаковыми формами представления, ориентированные на выявление устойчивого, всеобщего и необходимого, задающие целостное представление об уровнях организации научного знания, способ постановки проблем, аналитические единицы и картину мира для научного сообщества на том или ином этапе истории науки»[1].

История цивилизации демонстрирует нам последовательное зарождение и утверждение, а затем и смену различных познавательных моделей, доминирующих на конкретных исторических этапах цивилизационного развития. Так, для античности была характерна биоморфная познавательная модель живого организма, по аналогии с которой мыслился весь мир. В средние века утвердилась семиотическая познавательная модель, в соответствии с которой мир рассматривался как книга, как текст, т. е. как шифр, который надо прочесть, расшифровав его. Новое время привело к становлению механической познавательной модели, к взгляду на мир и природу, как на часы, т. е. как на сложный механизм.

Продолжая смотреть на цивилизационное развитие под этим углом зрения, мы можем утверждать, что XX в. принес нам становление новой системной познавательной модели. Взгляд на мир с позиций системности привел к существенной трансформации и изменению онтологических, гносеологических, ценностных и деятельностных установок и ориентации. И первотолчок всем этим процессам во многом дал Л. фон Берталанфи. Берталанфи был выдающимся био-

логом-теоретиком; не являясь профессиональным философом, он может быть не до конца осознавал всю грандиозность задуманного им проекта. Но все его шаги от создания организмической теории целостности до формулировки общей теории систем вели к этому.

В начале XX в., точнее в его 20-х годах, сформировались различные концепции целостности, объединенные под названием «организмических». Наиболее крупной и яркой фигурой, которую выдвинуло организмическое движение, стал австрийский биолог Л. фон Берталанфи. Создавая свою организмическую теорию, Берталанфи положил в ее основу представление о том, что живой организм не является неким конгломератом отдельных элементов, а выступает как определенная система, обладающая свойствами целостности и организованности. Организм даже при постоянстве внешних условий и при отсутствии внешних стимулов выступает как активная система, которой внутренне присущ постоянный обмен веществ.

Берталанфи показал, что развитием любой части организма управляет не какая-то мистическая сила, а совокупность условий и взаимодействий, определяемых целостностью организма, обусловливающих развитие любой своей части. Организм, по Берталанфи, не пассивная механическая, машиноподобная система, лишенная активности и подчиняющаяся лишь внешним стимулам, а активная целостностная система. В противоположность аналитическим и суммативным представлениям предшествующей биологии именно системность в организации живого объекта была выдвинута им на первый план. Однако, с точки зрения Берталанфи, изучение организмов как систем требует существенных изменений в самих методах их познания, применения динамического подхода в биологических исследованиях в противоположность традиционному статистическому.

Для адекватного познания целостности организма Берталанфи разработал методы изучения биологического организма как открытой системы. Данные методы основывались на выдвинутых им представлениях о том, что все имеющиеся в природе системы можно разделить на два больших класса: класс открытых и класс закрытых систем. Для закрытых систем (подразделяемых на изолированные и замкнутые) характерно отсутствие обмена веществом между системой и средой при наличии отношений обмена энергией в замкнутых системах. В изолированных же системах отсутствуют оба вида обмена.

Открытые системы, к которым относятся все биологические объекты, характеризуются наличием всех типов обмена между системой

и средой. В них непрерывно идут процессы метаболизма, обмена со средой веществом и энергией.

Рассматривая различные типы систем с термодинамической стороны, Берталанфи отмечал, что спецификой закрытых систем является рост энтропии в них, тогда как открытым биологическим системам свойственно уменьшение энтропии. Эти системы характеризуются сохранением стационарного равновесного состояния, отличающегося от равновесия закрытых систем тем, что в открытых системах происходит не только процесс обновления элементов системы, но и сохраняется высокий градиент свободной энергии.

Другой принципиально важной особенностью биологических открытых систем, характеризующей их как системы целостные и динамичные, Берталанфи считал их эквифинальность. Так, если для ряда замкнутых систем не одинаковы внутренние и внешние условия их существования, то эти системы с необходимостью приходят к различным конечным состояниям. Открытая же биологическая система может прийти к одному конечному состоянию разными путями и независимо от начальных условий.

Достижение эквифинальности, по Берталанфи, возможно благодаря сохранению организмом постоянства метаболизма через саморегуляцию, что осуществимо только в открытой системе. Таким образом Берталанфи освободил принцип эквифинальности от метафизических и идеалистических привнесений. Он полагал при этом, что новое понимание эквифинальности дает физическое основание понятию направленности жизненных процессов, считавшемуся до этого также метафизическим и виталистическим. При этом Берталанфи избежал механической суммативности, отстаивая тезис «целое — больше суммы составляющих частей» и объясняя этот эффект множественностью связей и взаимодействий, возникающих в рамках целостной активной динамичной системы.

Первый опыт последовательной разработки системного подхода в биологии был осуществлен Берталанфи в созданном им варианте «общей теории систем» (пришедшей на смену его организмической теории). Основными задачами «общей теории систем» (ОТС), по Берталанфи, являются: 1) формулирование общих принципов и законов систем независимо от их специального вида, природы составляющих элементов и отношений между ними; 2) установление путем анализа биологических, социальных и бихевиориальных объектов как систем особого типа точных и строгих законов в нефизических областях зна-

ния; 3) создание основы для синтеза современного научного знания в результате выявления изоморфизма законов, относящихся к различным сферам реальности.

Даже беглый взгляд на этот перечень задач ОТС свидетельствует о том, что, сохраняя определенную преемственность с организмической теорией, Берталанфи делает здесь ряд принципиально новых шагов. Переход Берталанфи к созданию «общей теории систем» определялся отнюдь не только творческим развитием взглядов автора. Он отражал и общие изменения в социально-культурной атмосфере эпохи, новые проблемы, вставшие перед развитием науки во второй половине века. К этому времени стремительное развитие технического прогресса, широкое внедрение принципов автоматизации, возникновение электронно-вычислительной техники и т. д. привели к тому, что наука и практика все более стали иметь дело с большими системами, со сложными взаимодействиями их частей и элементов.

Изменилась за эти десятилетия и биологическая наука. Она решительно отказалась от доминировавших ранее организменных подходов, быстро двинулась к познанию как суборганизменных, так и надорганизменных закономерностей. Этот процесс предполагал более пристальное внимание к анализу сложных взаимоотношений как внутри каждой из этих областей науки о жизни, так и между ними. Возникла потребность в разработке новых принципов интеграции знания о живом. Традиционный организменный стиль мышления в биологии был потеснен новым популяционным мышлением.

Таким образом, стала настоятельным требованием времени задача разработки методов познания сложных объектов как систем. Вместе с тем была остро поставлена проблема общефилософского осмысления и обоснования этих методов, разработки общеметодологической концепции.

В целостной системе методологии и мировоззрения системность играет важную роль одного из ведущих принципов интеграции научного знания. На его основе создается возможность для осуществления системного подхода к анализу объективных системных образований действительности. Дело в том, что реальная системность объектов действительности, их целостная многоуровневая взаимосвязь и взаимозависимость далеко не всегда являются очевидным фактом. Как правило, ее надо выявить в познавательном движении, вычленить и обосновать. Сложность этой задачи обусловливала то, что долгое время многие системные образования рассматривались как не-

системные. Это происходило как из-за отсутствия системной ориентации познания, так и из-за неразработанности методологических приемов представления объектов как систем, неразработанности соответствующего категориального аппарата. Поэтому успешное решение данных проблем является одним из основных моментов в философском обосновании системного подхода.

Три ключевых понятия (система, организация, целостность) лежат в основе развития системного подхода в биологии, так как все биологические объекты являются целостными организованными системами. Исходя из основных типов связи реальных биологических объектов, их упорядоченность можно рассматривать в разных аспектах: пространственном (структурном), функциональном и временном (онтогенетическом и филогенетическом). В соответствии с этими аспектами целесообразно выделить разные типы организации биологических систем: структурный, функциональный, онтогенетический и филогенетический. Следовательно, системный подход к целостным организованным биологическим объектам должен предполагать учет и синтез знания, полученного при изучении всех этих типов биологической организации.

С методологической стороны этот вывод имеет весьма большое значение, так как он показывает ограниченность сведéния системных исследований только к системно-структурным, открывает широкий методологический простор для объединения знаний, накопленных в сфере биологического исследования на основании различных познавательных подходов — субстратного, структурного, функционального, исторического.

Таким образом, можно сказать, что при разработке принципа системности в биологии возникает еще одна непосредственно методологическая задача — задача изучения процесса систематизации знания, полученного при конкретном осуществлении данного принципа. Эта задача состоит в том, чтобы объединить различные познавательнее подходы в биологии, изучить их место и роль в общем процессе познания биологических объектов, их эвристические функции и гносеологические аспекты взаимодействия. Иными словами, принцип системности должен быть применен и к самим принципам познания, к оценке тенденций и направлений биологического исследования.

Принцип системности в сфере биологического познания предстает, таким образом, как путь реализации целостного подхода к объек-

ту в условиях учета сложнейшей и многообразной дифференцированности знания, достигнутого в современной науке о жизни.

Принцип системности способствует объединению разных теоретических идей в биологии, в частности, идей теории организации и теории эволюции, установлению путей их синтеза, осмыслению их взаимодополнительности.

Концепция системной организованности дает возможность по-новому подойти к проблеме уровней организации живого, к определению критериев их выделения. При определении критериев выявления уровней организации живого можно выделить два основных подхода. Первый из них предполагает использование лишь одного критерия — возрастание сложности биологических объектов. Этот подход неоднократно подвергался критике как упрощающий реальный процесс развития в мире живого, ведущий к необоснованной систематизации в виде линейной иерархии принципиально разных образований. Однако и предлагаемый взамен этому критерию иной подход, при котором уровни организации живого определяются совокупностью критериев (сложности конструктивного ранга, механизма осуществления, степени интеграции, универсальности и т. д.), также оказался ограниченным. Он ориентировал исследователей на учет только структурно-функциональных параметров биологических объектов, оставляя без внимания такие фундаментальные характеристики живых организмов, как филогенетические, эволюционные. Избежать этой ограниченности удалось только на системном пути. В предложенной К.М. Завадским схеме определения форм организации живого проводится идея иерархической нелинейной классификации живых систем. Согласно этой схеме в пределах каждой основной структурной формы организации живого выделяются и основные ступени ее эволюционного развития[2]. На этой основе появилась плодотворная возможность объединить в рамках принципа системности структурные и эволюционные представления, обеспечить всесторонний подход к проблеме определения критериев-уровней организации.

Выяснение внутренних механизмов структурной организованности биологических объектов, наследственности и изменчивости живого позволило конкретизировать на системном пути тенденции и закономерности эволюционного процесса, глубже понять природу элементарных биологических актов, характер взаимодействия различных факторов эволюции. В последние годы в биологии, начиная с работ С.С. Шварца, Ю. Одума и других, все более настойчиво выявля-

ется необходимость дополнения популяционного подхода к анализу эволюционных процессов подходом экологическим, создания единого эколого-эволюционного подхода. Эти задачи могут быть решены только на основе принципа системности.

Новые направления для применения системных идей в науке о жизни возникают в связи с бурным развитием на современном этапе генной инженерии. Открывающиеся возможности направленного конструирования живых объектов в лабораторных условиях остро ставят методологический вопрос о принципах и критериях подобного конструирования. Поскольку одним из главных факторов развития генно-инженерных исследований становится целеполагающая деятельность исследователя, постольку ее необходимыми характеристиками должны стать ясное видение и четкое знание как экологических, так и эволюционных закономерностей развития живых организмов.

Интенсивный процесс решения одних методологических проблем и постановка других свидетельствуют о том, что в биологии идет масштабный процесс формирования системного мышления. Умение биолога-исследователя рассматривать живые объекты как системы, соответствующим образом анализировать эти системы, системно классифицировать и обрабатывать накопленные по проблеме данные является одной из доминирующих черт современного научного познания биологических объектов.

При этом следует особо подчеркнуть, что на системном пути открывается возможность оптимального решения проблемы соотношения дифференциации и интеграции в сфере биологического познания, преодоления противоречия «интегратизма» и «редукционизма».

Системный подход в современной биологии выражает реальный процесс исторического движения познания от исследования единичных частных явлений, от фиксации каких-то отдельных сторон и свойств объекта к постижению единства многообразия любого биологического целого.

Эволюционизм уже более века является одним из определяющих феноменов современной культуры. Его развитие шло по двум основным направлениям, которые можно назвать интенсивным и экстенсивным. Сущность первого состоит в развитии и усовершенствовании эволюционных идей, в превращении их в систему взглядов, нацеленных на раскрытие причин эволюции, ее источников и движущих сил, на создание различных теорий эволюции и их совершенствование. Сущность второго в том, что многие проявления реальности, ра-

нее рассматривавшейся внеисторически, осознаются в историческом, эволюционном контексте. Историзм, понятый как методологический принцип, в этом случае вел к раскрытию причин самодвижения, саморазвития объектов на основе учета объективной противоречивости реального мира. Эволюционизм развивался вширь, захватывая все новые области реальности и открывая при этом новые перспективы их познания и интегральной оценки. Характерные примеры эффективности эволюционных подходов представлены ныне в развитии почти всех сфер реальности, что свидетельствует об универсальности эволюционных процессов, ведущей к превращению идеи эволюционизма в концепцию глобального эволюционизма.

Концепция глобального эволюционизма предполагает системный подход к изучению всех эволюционирующих объектов и систем. Между тем внимание в эволюционных исследованиях сосредоточивалось в основном на изучении отдельных эволюционных рядов. Их же сопряженное, кооперативное взаимодействие с другими параллельными эволюционирующими рядами, как правило, не рассматривалось.

К концу XX в. на пике становления идей глобального эволюционизма все более отчетливо стало осознаваться: для того чтобы стать поистине глобальной, эволюционная стратегия должна быть дополнена стратегией коэволюционной, т. е. изучением совместного сопряженного развития систем с взаимными селективными требованиями.

Подобные процессы были обнаружены и изучены в биологии уже давно. Однако они рассматривались как периферийные, маргинальные процессы, призванные объяснить виды симбиотических отношений: хищник — жертва, аменсолизм, паразитизм, комменсализм, протокооперация, мутуализм и др.

Осознание универсальности коэволюционных отношений началось с «верхних этажей», с отношений общества и природы, человека и биосферы. Через историю всей человеческой цивилизации проходят две взаимоисключающие стратегии отношений человека и природы: установка на покорение природы и установка на смирение перед ней. Катастрофическое нарастание экологического неблагополучия на Земле в наши дни способствовало осознанию ограниченности и тупиковости обеих этих стратегий. Все яснее ныне понимание того, что нельзя делать ставку только на антропогенные или только на витальные, природные факторы. Лишь учет их органического взаимодействия, взаимосвязи, взаимозависимости, лишь четкое понимание закономерностей их сопряженности, коэволюции может стать за-

логом успешной разработки новой стратегии отношений человека, общества и природы. Впервые обратил внимание на эти закономерности В.И. Вернадский, сформулировавший свою концепцию перехода биосферы в ноосферу. Однако он не использовал еще термина «коэволюция», хотя по сути развивал коэволюционные идеи в понимании взаимодействия человека и природы. С концепцией коэволюции человека и биосферы в отечественной литературе первым выступил Н.В. Тимофеев-Ресовский в 1968 г.[3] Затем в работах Н.Н. Моисеева, Э.В. Гирусова и многих других исследователей эти идеи были всесторонне обсуждены и обоснованы, хотя при этом еще недостаточно осознавалось, что огромный пласт коэволюционных проблем взаимодействия общества и природы есть лишь частный случай универсальной коэволюционной стратегии, приложимой ко всей реальности. Первой работой, в которой идея коэволюции была осознана как универсальная, стала книга С.Н. Родина[4]. В ней на большом фактическом материале раскрыта универсальность коэволюционных процессов на всех уровнях — от молекулярной эволюции до эволюции биосферы и эволюции идей. Философское обоснование коэволюции как новой познавательной модели и перспективной стратегической установки цивилизационного развития дано в нашей работе[5]. Здесь показано, что идея коэволюции ныне все более осознается в своей философской глубине и становится центральной для всего эволюционистского способа мышления. Коэволюционная установка оказывается ныне и регулятивным методологическим принципом биологических наук, задающим способы введения ими своих идеальных объектов, объяснительных схем и методов исследования, и одновременно новой парадигмой культуры, позволяющей осмыслить взаимоотношения человечества с природой, единство естественно-научного и гуманитарного знания.

Коэволюционная стратегия задает новые перспективы для организации знания, ориентируя на поиск новых аналитических единиц и способов понимания сопряженности мира природы и мира культуры, осмысления путей совместной эволюции природы и человека, биосферы и ноосферы, природы, цивилизации и культуры. Эта стратегия позволяет преодолеть разрыв между эволюционистским подходом к природе и эволюционистским подходом к человеку, наметить пути синтеза между эволюционизмом в биологии и эволюционизмом в социокультурных науках. Критерием для выделения коэволюционирующих процессов в различных областях реальности выступает от-

нюдь не только сопряженность процессов развития, но и их направленность, автономность участвующих во взаимодействии компонентов, процессуальность, кооперативность, полифоничность. Непонимание полифоничности коэволюции, выравнивание разноречья и многоголосья в одноголосье и монолог, противопоставление эволюционирующих рядов друг другу вновь влекут к линейному пониманию взаимодействия, к подмене полифонического подхода позицией доминирования одного ряда эволюции над другим, что так отчетливо отражалось в классическом противостоянии позиций биологизма и социологизма. Подход, отражающий коэволюционную стратегию, подчеркивает и выявляет многоплановость самостоятельных и неслиянных процессов, сопрягающихся в полифонии, синергетику их взаимодействия, открытость, толерантность, незавершенность, непредрешаемость, сосуществование и взаимосопряжение разнообразных процессов, сохраняющих свою самостоятельность и вместе с тем сочетающихся в единстве высшего порядка.

Все это дает основание предположить, что новая коэволюционная познавательная модель, возникающая в конце XX в., станет мощным источником новых исследовательских программ — новой философии природы, новой философии человека, новой философии науки, новой философии культуры.

Таким образом, резюмируя все изложенное, можно утверждать, что системный подход, выступивший одним из важнейших методологических регулятивов в XX в., не потерял своего значения и своих эвристических возможностей и для нашего времени. Напротив, он продолжает творчески развиваться и трансформироваться, порождая новые методологические ориентации и акценты. Это ярко проявилось в становлении новой коэволюционной познавательной модели. Этому же способствует и становление синергетики, как еще одной разновидности трансформации идей системности. В частности, системную теорию эволюции, развитую Е. Янчем, можно назвать моделью системного эволюционизма. А.П. Огурцов убедительно показал, что взаимоотношение изменчивости и устойчивости, понятое как механизм эволюции, получило в работе Янча значение механизма коэволюции — сопряженной эволюции различных процессов и структур, которая развертывается в незамкнутых круговоротах, расширяющихся спирально[6]. Концепция Янча представляет собой наиболее обобщенную философскую концепцию системной самоорганизации природы, причем идеи самоорганизации и коэволюции в ней тесным образом взаимосвязаны.

Концепции самоорганизации и коэволюции предполагают своевременное отслеживание возникновения сопряженных изменений во взаимодействующих эволюционных рядах и последовательную автоматическую селекцию взаимноадаптивных вариантов. «Все мы являемся одной из фигур танца в хореографии сосуществования», — образно констатируют этот факт У. Матурана и Ф. Варела[7].

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Карпинская Р.С., Лисеев И.К., Огурцов А.П.* Философия природы: коэволюционная стратегия. М., 1995. С. 250.

[2] См.: *Завадский К.М.* Основные формы организации живого и их подразделения // Философские проблемы современной биологии. М.–Л., 1966. С. 29–47.

[3] *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Биосфера и человечество // Бюл. ЮНЕСКО, 1968, № 1.

[4] *Родин С.Н.* Идея коэволюции. Новосибирск, 1991.

[5] *Карпинская Р.С., Лисеев И.К., Огурцов А.П.* Философия природы: Коэволюционная стратегия. М., 1995.

[6] Там же. С. 150–155.

[7] *Maturana H.R., Varela F.* The Tree of Knowledge. Boston, London. 1988. С. 248.

В.В. Казютинский

НАУЧНЫЕ ТРАДИЦИИ И РЕВОЛЮЦИИ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

В последние годы происходят радикальные изменения в понимании «образа» науки[1]. Прогресс науки, включая эпохи научных революций, анализируется ныне в следующих основных аспектах: а) как рост знания, изменения его философско-методологических оснований под влиянием преимущественно внутринаучных факторов, т. е. в некоторой степени безотносительно к рассмотрению науки в качестве социального института; б) как прогресс социальной системы научного производства — в значительной мере не учитывая содержание процесса роста знания; в) как прогресс системы научно-познавательной деятельности в ходе взаимодействия внутренних и внешних факторов, рассматриваемых в единстве: такой синтетический, комплексный подход к исследованию науки осуществляется, как известно, совокупностью науковедческих дисциплин. Мы согласны с точкой зрения, что одной из этих дисциплин должна стать общая концепция науки. Сейчас она делает лишь самые первые шаги, ее статус еще до конца не ясен.

Изучение указанных аспектов динамики науки представлено за рубежом многочисленными концепциями, моделями, схемами, конкурирующими между собой в борьбе за выживание. Наиболее известны концепции К. Поппера, И. Лакатоса. С. Тулмина, Т. Куна, П. Фейерабепда, в последнее время становится модной концепция Л. Лаудана[2]. Все эти концепции и модели имеют определенные прообразы в реальной истории науки и, как правило, могут служить — иногда более, иногда менее удачно — основой для реконструкции определенных этапов или эпизодов истории тех или иных научных дисциплин. (Впрочем, их авторы ограничиваются приведением отдельных примеров и контрпримеров, лишь поясняющих обсуждаемую концепцию.) Вокруг них разгорается полемика, но через некоторое время мода меняется и соответственно преимущественный интерес к одним моделям динамики науки вытесняется интересом к другим. Примечательно, что каждая из концепций выбывает из игры, даже не успев

послужить эффективным инструментом для основательно разработанных реконструкций основных этапов истории хотя бы одной науки, не говоря обо всей истории естествознания.

Разумеется, при всей плюралистичности ситуации в современном постпозитивизме конкурирующие концепции динамики науки имеют и общие черты. Например, на фоне множества революционных сдвигов, которые буквально потрясают современное естествознание, в постпозитивистской методологии науки парадоксальным образом сохраняется, а по временам даже усиливается влияние эволюционистских концепций. В них научные революции не «находят себе места»[3]. Динамика же науки рассматривается как эволюционный процесс, часто по аналогии с биологической эволюцией, а научные революции объявляются «мифом», «иллюзией» (С. Тулмин) или же им отводится сравнительно незначительная роль (И. Лакатос). Даже концепция К. Поппера, несмотря па проявленный им интерес к анализу прежде всего крупных изменений в научном знании, — типичная эволюционистская концепция. Научные революции не только не являются, но и не могут стать для нее важным моментом роста научного знания хотя бы потому, что их анализ невозможен вне контекста научной деятельности. По существу, лишь концепция Куна[4] признает наличие революционных вех научного развития.

Каковы же конкретные логико-методологические, социально-психологические, социально-культурные механизмы концептуальных сдвигов в естествознании и его разделах? Как формируются в культуре и научной деятельности и в чем конкретно состоят факторы, определяющие острейшую борьбу между сторонниками новых и традиционных исследовательских программ вокруг перестройки идеалов и норм научного познания, научной картины мира или отдельных ее блоков? Может ли сопротивление традиций революционным преобразованиям в науке быть объяснено одними только логико-методологическими факторами? Каковы механизмы признания научными сообществами «еретических» взглядов, их превращения в общепризнанные?

Один из новых моментов анализа этих проблем состоит в переходе от приблизительных, нестрогих, в достаточной мере описательных высказываний о происходящих в ходе научных революций радикальных изменениях «эмпирии» и «теории» к анализу структуры эмпирических и теоретических знаний в разных научных дисциплинах, выделению их основных компонентов и взаимосвязей, фиксации специфи-

ки изменений в процессах экстенсивного и интенсивного роста знаний. Особенно существенным было выделение в структуре науки слоя философских (метафизических) и методологических оснований, целенаправляющих научный поиск. Это — парадигмы или ядра исследовательских программ, темы или идеалы естественного порядка, стиль научного мышления или идеалы и нормы научного познания, научные картины мира и т. д. Современная постановка проблемы научных революций в значительной мере обычно концентрируется именно на изучении смены методологических и философских оснований науки. Различные схемы научных революций рассматривают — пока, конечно, в самых общих чертах — функционирование и смену концептуальных структур, претендующих на роль оснований науки, а некоторые из них — также на генезис этих структур. Напротив, сторонники эволюционистской концепции склонны находить в моделях научных революций серьезные, по их мнению, изъяны, весьма критически высказываясь по поводу «революционной иллюзии»[5].

Новым является и то обстоятельство, что почти во всех моделях и схемах перестройка оснований науки выступает не просто актом смены одной концептуальной структуры другой, а сменой самого способа интеллектуальной деятельности в науке.

Количество различных концепций и моделей динамики знания достаточно велико и обнаруживает тенденцию к дальнейшему увеличению. В современном постпозитивизме разработка концепций и моделей динамики науки становится иногда самоцелью. Подобная ситуация несет в себе возможность определенного отрыва философско-методологических исследований от разработки историко-научных реконструкций. Этот разрыв успешно преодолевается в исследованиях динамики науки с позиций системного подхода [6].

С нашей точки зрения, наряду с изучением отдельных аспектов динамики науки, включая научные революции, все большее внимание должно уделяться синтетическому, или комплексному, подходу к анализу указанных проблем, в самой тесной связи с их применением к истории и современному состоянию науки, прогнозом на будущее. Это включает разработку системы взаимосогласованных моделей, отражающих разные стороны динамики науки. Достаточно строгая, корректная формулировка условий их совместимости станет, по-видимому, возможной в общей концепции, задача которой — дать целостную системную картину структуры, функционирования и развития науки.

Социально-психологические аспекты научных революций

Научные революции, если рассматривать их как перевороты не только в знании, его философских и методологических основаниях, но и в системе познавательной деятельности, включают, как правило, ярко выраженные социально-психологические аспекты. Они связаны не только с психологией выдвижения принципиально новых идей, но и с их ассимиляцией, признанием научным сообществом, вписыванием в культуру. Стремление так или иначе закрывать глаза на эти проблемы (например, на том основании, что они выходят за пределы возможностей логико-методологического анализа) не вызывает сочувствия. Действительно, их разработка уже привела к ценным результатам, которые, можно предполагать, сохранятся и в синтетической концепции научных революций.

Наибольшее внимание социально-психологические аспекты научных революций привлекли после появления в 1962 г. первоначального варианта концепции Т. Куна. Как известно, он рассматривал радикальные сдвиги в знании (например, появление новых фундаментальных теорий) как предпосылку научных революций в собственном смысле слова. Сущностью таких революций выступало у Куна принятие новых теорий, их превращение в эталоны научной деятельности, парадигмы.

Концепция Куна вызвала небывалую по интенсивности полемику, не затихшую и до сих пор. Против нее было выдвинуто множество различных возражений. Под влиянием критики Кун вынужден был отступить от ряда основных своих положений.

Наиболее радикальными были, пожалуй, критические замечания В.Л. Гинзбурга, который свел рассматриваемую концепцию просто к идее о наличии в динамике науки нормальных (эволюционных) и экстраординарных (революционных) этапов. Но в этом, с точки зрения марксизма, нет ничего нового. Это лишь постпозитивизм за последние годы открыл для себя идею научных революций (в основном для того, чтобы ее отвергнуть). По словам Гинзбурга, «нам не удалось обнаружить в книге Куна какое-то новое позитивное понимание процесса развития науки»[7]. С таким мнением едва ли можно согласиться хотя бы уже потому, что разработка понятия парадигмы как определенного образца интеллектуальной деятельности того или иного научного сообщества и научной революции как смены парадиг-

мы является, несомненно, специфическим моментом концепции Куна, не говоря о ряде других достаточно существенных моментов. В.Л. Гинзбург отметил, кроме того, что чтение книги Куна вызвало у него раздражение, поскольку «на деле все не так, как в схеме Куна, все вроде бы сплошная неправда, но, с другой стороны, что-то в этом есть знакомое, известное, а значит, и в какой-то мере правильное»[8]. Например, Гинзбург считает, что в некоторых историко-научных ситуациях схема Куна совсем не подходит, но когда речь идет о подлинных научных революциях, то здесь, по крайней мере, не возникает «вопиющего противоречия» с реальностью.

Если В.Л. Гинзбург, полемизируя с Куном, обсуждал проблему более адекватного понимания сущности и структуры научной революции, то многие постпозитивисты, высказывая по поводу куновской модели многочисленные замечания совершенно иного рода, пытались обосновать один из вариантов эволюционистской концепции динамики науки. Но выявление в модели Куна некоторых уязвимых моментов, конечно, не означает, что эволюционисты правы. Во-первых, недостатки куновской модели не свойственны концепциям или моделям научных революций, разрабатываемым с позиций системного подхода. Во-вторых, нельзя не заметить, что реконструкции «переходных эпох» динамики науки, выдвигаемые в различных эволюционных моделях, при ближайшем рассмотрении оказываются зачастую довольно односторонними и неубедительными, что особенно хорошо видно на примере великой коперниканской революции[9]. В-третьих, часть высказанных в адрес моделей Куна критических замечаний, на наш взгляд, не может быть принята. Одним из наиболее типичных высказываний по поводу взглядов Куна было обвинение его в «иррационализме» (Поппер, Лакатос и др.), поскольку принятие новой парадигмы обусловлено не логическими, а социально-психологическими причинами. Но этот упрек отражает узость методологических позиций постпозитивистских оппонентов Куна. С их точки зрения, «работают» лишь логико-методологические аргументы в пользу преимуществ нового знания. Но реальная практика развития науки многократно свидетельствует, что в наиболее принципиальных случаях предпочтение, оказываемое новой теории, определялось в немалой степени именно социально-психологическими причинами. Не учитывая этих причин, далеко не всегда можно объяснить, почему интенсивный рост знаний в одних случаях сразу же вызывал сильнейшее сопротивление сторонников традиционных исследовательских про-

грамм, в других же — резонанс был гораздо меньшим. Такого рода особенности процессов роста знания можно понять только при учете социокультурных и социально-психологических факторов.

Как бы там ни было, но за критикой постпозитивистами концепции научных революций Куна явно прослеживается стремление похоронить саму идею научных революций. Кун, конечно, был не прав, считая, что переходный период научного процесса недоступен логико-методологической реконструкции. Но наличие в его концепции ряда спорных моментов не должно служить оправданием для недооценки социально-психологических аспектов научных революций.

Концептуальные аспекты научных революций

При анализе концептуальных аспектов научных революций, бесспорно, достигнуты самые впечатляющие успехи. С помощью богатейшего арсенала средств, выработанных методологией научного познания, изучаются особенности процессов роста знаний в научных революциях. Важность других моментов, например социально-психологического контекста признания новых теорий, не отрицается, но они как бы выносятся за скобки. Логико-методологический подход обосновывается, в частности, следующим соображением: все основные факторы, влияющие на процессы роста знания, содержатся в снятом виде в динамике самого знания. Глубокие концептуальные изменения считаются основным содержанием, более того, сущностью научных революций. Практически почти во всех случаях эти феномены рассматриваются как скачки или вехи в интеллектуальном срезе научной деятельности.

Долгое время проблема концептуальных революций обсуждалась вне и помимо проблемы генезиса нового знания, которая вообще выводилась за сферу логико-методологического анализа. На этом пути также удалось получить интересные выводы, но многие из них остались без необходимого обоснования, отражая по большей части лишь точку зрения их авторов.

Остановимся, например, на критериях концептуальных революций. Многие исследователи, понимая под революциями коренные перевороты в стиле научного мышления, научной картине мира, стремились представить эти феномены чрезвычайно редкими, исключительными этапами в динамике науки. Они выдвигали такие критерии,

которым удовлетворяют лишь глобальные революции, охватывающие естествознание в целом и, может быть, наиболее значительные из революций в фундаментальных науках о природе, прежде всего в физике. Проявляется желание ввести единый и универсальный логико-методологический эталон научной революции, модель которого нередко искали опять-таки в революционных перестройках физической науки. Согласно альтернативной точке зрения, существуют революции разных типов, разного масштаба: глобальные, локальные (в фундаментальных научных дисциплинах), микро- или мини-революции (в крупных разделах отдельных наук). Ставится проблема многообразия не только масштабов этих процессов, но также и критериев для разных типов интенсивного роста знаний. Это, понятно, противоречит идее существования единого эталона научной революции и заставляет считать концептуальные революции в естествознании гораздо более сложными, чем в предыдущем случае.

Почти общепринятым образцом глобальной научной революции, на основе изучения которого обычно формулируются существенные признаки или критерии изменений этого типа, является «величайший революционный переворот» в естествознании XVI–XVII вв. Другим таким образцом часто считают революцию в естествознании первой трети XX в. Между этими революциями есть различия, которые ставят под вопрос безоговорочное отнесение их к одному типу. Революция в естествознании XVI–XVII вв. означала, как сказано выше, возникновение естествознания в его современном понимании. Этот переворот был зафиксирован, в частности, формулировкой ряда важнейших идеалов и норм научности, сохранивших свое значение до сих пор[10]. Вот почему понимание его именно как революции разделяется даже сторонниками эволюционистских концепций. Напротив, радикальные изменения, пережитые естествознанием в первой трети XX в., произошли в развитой науке и тем самым выступили как переход от одной ступени прогресса естествознания к другой. Как считал А. Эйнштейн, эти изменения завершали предыдущий этап развития физической науки, а вовсе не начинали новый.

Рассматриваемые вехи развития естествознания не совпадали и по масштабам. Становление классического естествознания не сводилось лишь к событиям в физике того времени. Конечно, методологические основания классического естествознания благодаря трудам И. Ньютона наибольшее развитие получили в механике, одном из разделов физики. Но нельзя забывать ни того, что началась эта ре-

волюция в астрономии, которая в то время (как, впрочем, и сейчас) не растворялась в физике, ни того, что практически одновременно новые идеалы и нормы научности утверждались и в других разделах естествознания. Идеалы и нормы экспериментального исследования пробивали себе дорогу не только в механике, но и в химии, биологии, физиологии и других науках, где они были сформулированы с не меньшей определенностью, чем в механике. Что касается революционных изменений в естествознании первой трети XX в., то они коснулись исключительно одной, хотя и лидирующей науки — физики.

Эти различия двух крупнейших эпох прогресса естествознания хорошо известны. Необходимость еще раз обратить на них внимание объясняется лишь тем, что их недооценка часто приводит к недоразумениям: критерий глобальной научной революции без каких бы то ни было оговорок отождествляется с критериями революционных изменений в лидирующей науке, что нельзя признать корректным. Тем не менее создание релятивистской и квантовой физики все же вполне правомерно рассматривать как начало новой (т. е. второй) глобальной естественно-научной революции: была окончательно выявлена необходимость отказа от философско-методологических оснований классической науки, а также внесен огромный вклад в разработку идеалов и норм неклассической науки, новой научной картины мира.

Принято выделять следующие логико-методологические признаки, или критерии, глобальной научной революции: 1) создание принципиально новых представлений о мире; 2) утверждение новых способов мышления, понимания и объяснения, путей движения к новому знанию. Именно эти критерии грандиозного переворота, начатого Коперником, были, по сути, выдвинуты еще Ф. Энгельсом, хотя и в иных формулировках. К сходным выводам приходят и современные исследователи, в том числе зарубежные, философские позиции которых заставляют их в чем-то иначе интерпретировать более частные особенности этих критериев, понимая их существенно по-своему. Например, А. Койре — один из самых серьезных и последовательных критиков кумулятивизма — рассматривал научную революцию XVI–XVII вв. как «мутацию» человеческого интеллекта, критерием которой была смена типов мышления, коренная реформа нашего интеллекта. Он связывал эту революцию с глубокими изменениями «метафизических парадигм», иными словами, философских оснований естествознания. Существенной чертой этой революции было, согласно Койре, «разрушение» античного космоса, выражаясь совре-

менным языком, коренная перестройка научной картины мира[11]. Далеко не со всеми утверждениями Койре, высказанными им при анализе критериев революции XVI–XVII вв., можно согласиться. Обоснованные возражения вызывает выдвинутая им концепция интернализма, развития науки под влиянием исключительно внутренних факторов (Койре относил к ним, однако, и философские, «метафизические» идеи). Тем не менее в его характеристиках этой глобальной научной революции есть много тонко подмеченных моментов.

Анализ критерия концептуальных революций в отдельных научных дисциплинах начинается, как правило, с обсуждения образцов революций в физике. М.Э. Омелъяновский, раскрывая критерии революции в физической науке, писал: «Революция в физике — это такое преобразование теоретического содержания этой науки, когда ломаются ее установившиеся основания (совокупность принципов и основных понятий)»[12]. Этот вывод, основанный на анализе обширного конкретного материала, несомненно, справедлив, поскольку ограничивается изменениями, происходящими в одной науке. Своеобразие ситуации заключается, однако, в том, что революции в физической науке служат образцом, посредством которого выявляются критерии глобальных революций, формирующих новый стиль мышления всего естествознания; но революции в других фундаментальных науках приводят, как считается, лишь к преобразованию их основ, не создавая нового понимания мира. Они служат механизмом лишь для распространения способа мышления, созданного в лидирующей науке, на другие естественные науки[13].

Анализ структуры революции в естествознании действительно показывает, что революционный переворот в лидирующей науке обнаруживает «тенденцию к экспансии», т. е. «раньше или позже захватывает другие науки, коренные преобразования в которых происходят в результате пересечения их внутреннего развития с принципами и методами, возникшими в горниле этой революции»[14]. Трансляция идеалов и норм познания, научной картины мира, фундаментальных теорий в физике, несомненно, выступает весьма эффективным механизмом развертывания революции в других естественных науках — путем их «притачивания» к соответствующим системам знания[15]. Эти процессы нетрудно подметить как в классическом, так и неклассическом естествознании, включая современный этап его развития, связанный с НТР. Хорошо известно, какое революционизирующее воздействие на астрономию, химию, биологию и другие

науки оказала трансляция в них идеалов и норм, а также картины мира квантово-релятивистской физики. Но в структуре этих процессов обнаруживаются и принципиально новые механизмы, анализ которых показывает со всей очевидностью, что это мнение не отражает всех аспектов проблемы. (Подробнее этот вопрос будет затронут дальше.)

Особенно сильные страсти кипят вокруг выделения микро- или мини-революций. Понятие микрореволюции, как известно, было предложено Куном в одной из его поздних работ. Кун пришел к заключению, что наиболее типичными являются сравнительно небольшие изменения парадигм научных сообществ, состоящих, может быть, не более чем из 25 человек. Эти изменения и есть микрореволюции. Сформулированная в плане социально-психологического подхода, такая идея была принята и некоторыми (очень немногими!) сторонниками логико-методологического подхода. Они переинтерпретировали ее в идею о достаточно серьезных концептуальных сдвигах, происходящих в крупных разделах научных дисциплин (например, создание новых научных теорий). Большинство же исследователей выступили решительными противниками идеи микрореволюций, выбирая в качестве ячейки революционных преобразований отдельные науки. Чаще всего такой выбор происходит просто путем обращения к тому или иному общепризнанному образцу научной революции. Именно в этом контексте В.Л. Гинзбург иронически назвал микрореволюции «дворцовыми переворотами», считая, что они не имеют ровным счетом ничего общего с подлинными научными революциями.

Отметим, что оценки научных революций как подлинных отличаются большим разнообразием. Но они всегда исходят из недостаточно эксплицированных мотивов. Так, было высказано мнение, что выделение микрореволюций как особого типа процессов интенсивного роста знания вряд ли является конструктивным, ибо оно лишь подменяет детальное исследование процесса научного познания поисками «микрореволюций». Но, очевидно, тот же самый аргумент, если бы он был справедлив, в той же самой мере был бы применим и к революциям в отдельных научных дисциплинах и даже к глобальным научным революциям (кстати, именно такова аргументация многих сторонников эволюционистских концепций динамики научного знания, например Тулмина). Но на самом деле выделение микро- или мини-революций как раз и преследует цель обратить внимание методологов науки на существование таких типов интенсивного роста знания.

которые пока выпадают из сферы их интересов, нацелить на основательный анализ механизмов этих процессов.

Существование мини-революций с достаточной определенностью проясняют, на наш взгляд, следующие факты. Довольно часто революция в какой-либо научной дисциплине развертывается последовательно, раздел за разделом, причем эти события в достаточной мере отделены друг от друга во времени. Например, революция в современной астрономии началась в 20-е годы в космологии, тогда как в астрофизике и других разделах астрономии происходили обычные процессы экстенсивного роста знания, хотя и весьма стремительного. Лишь в 40–50-е годы события поистине революционного характера развернулись и в астрофизике. Сейчас революция захватила оба названных раздела астрономической науки, но есть и такие ее разделы, в которых концептуальная революция, по сути, не началась до сих пор! Конечно, с целью сохранить выделение в качестве универсальной ячейки естественно-научных революций научной дисциплины, в данном случае астрономии, можно попытаться рассматривать эти процессы как отдельные этапы локальной научной революции. Можно поставить и вопрос: действительно ли космология — раздел астрономии, или она представляет собой раздел физики, или же, наконец, допустимо рассматривать ее как самостоятельную научную дисциплину? Каков бы ни был ответ, он лишь подчеркнет сомнения, связанные с желанием найти универсальную ячейку концептуальных революций. Неоднозначность такого решения вопроса подчеркивается и недостаточной разработанностью классификации наук. В этой области опубликован ряд интересных работ (особенно следует отметить капитальные труды Б.М. Кедрова). Но, по нашему мнению, лишь дальнейшие сдвиги в классификации наук позволят внести необходимую ясность в рассматриваемые проблемы.

Основная причина, по которой выделение мини-революций вызывает столько возражений, довольно ясна. Ведь тем самым ставится под сомнение распространенный, но никем не доказанный взгляд, что научные революции представляют собой редкие, совершенно исключительные феномены. Так первоначально считал Т. Кун. Любопытно, что в этом вопросе с ним согласны даже самые яростные его критики, включая тех, которые заставили его самого изменить свою первоначальную точку зрения, выдвинув идею микрореволюций. Но без подобного анализа динамики процессов экстенсивного и интенсивного роста знания в их взаимосвязи, а также механизмов этих процес-

сов любые рассуждения о том, насколько редкими являются научные революции, почти начисто лишены серьезных логико-методологических оснований. Спор идет главным образом о словах: что называть, а что не называть научной революцией. Но как раз подобные споры недостаточно конструктивны.

На наш взгляд, изложенные соображения свидетельствуют, что нет универсальной ячейки научных революций, а есть три уровня таких ячеек, каждая из которых соответствует революции определенного типа: глобальной, локальной и мини-революции. Эти процессы необходимо исследовать с позиций и средствами каждого из двух основных подходов, а их выводы, соответствующие разным аспектам научных революций, должны синтезироваться в рамках синтетического подхода.

Кроме того, становится очевидным, что анализ типов и критериев научных революций, если он не основывается на изучении логико-методологических механизмов генезиса знания, едва ли может привести к доказательным выводам. Спор идет, в сущности, лишь о том, какие эпизоды динамики науки заслуживают называться подлинными научными революциями (иногда говорят также о научных революциях «в собственном смысле слова»), а каким в этом может быть отказано. Социально-психологическая природа подобных оценок явно просвечивает сквозь рациональную форму, в которую они облечены. Тем самым о реконструкции концептуальных революций здесь еще нет и речи.

Постпозитивистская методология науки проблему генезиса принципиально нового знания почти не ставила. Сторонники эволюционистских концепций, как правило, не склонны усматривать каких-либо особых логико-методологических различий между процессами, обозначаемыми как экстенсивный и интенсивный рост знания. По их мнению, это один и тот же процесс, протекающий иногда более быстрыми, иногда более медленными темпами. Тем не менее одна из них — концепция исследовательских программ Лакатоса[16] — содействовала определенному сдвигу в понимании этой проблемы. Революционные события в концепции Лакатоса еще более редки, чем в концепции Куна, но их возможность все-таки предусматривается в связи со сменой ядра исследовательской программы. В рассматриваемой концепции соответствующий круг проблем разработан очень мало. Однако идеи Лакатоса стимулировали более подробный и конкретный анализ концептуальных изменений революционного типа,

сопровождающих генезис новых исследовательских программ, в основном применительно к прогрессу физической науки. Было показано, что подобный подход к научным революциям, переосмысленный с позиций материалистической диалектики, действительно оказывается довольно плодотворным[17].

Новые перспективы для понимания динамики знания в ходе научных революций открывают исследования проблемы генезиса знания, в том числе не выводимого из прежних оснований[18]. В частности, В.С. Стёпин, рассматривая концептуальные революции как изменение стратегии научного поиска, т. е. смены исследовательских программ, ядром подобных программ в той или иной науке рассматривает «картину исследуемой реальности», задающую предметную область соответствующей науки[19]. Эти исследования, на наш взгляд, существенно прояснили многие моменты, связанные с ответом на вопрос, который постоянно ставится авторами эволюционистских моделей динамики науки, особенно Тулмином: при каких обстоятельствах и на основе каких механизмов одна концептуальная система («популяция») знаний сменяется другой? Достаточно убедительно показано и то, что возникновение и обоснование «концептуальных новшеств» в науке — не чисто эволюционный процесс, а некоторый сдвиг или перелом. Он охватывает основания системы научного знания, а также интеллектуальный аспект познавательной деятельности в пределах рассматриваемой научной дисциплины. Оказалось, что специфика концептуальных революций, по сравнению с эпохами «нормального» научного прогресса, может быть выявлена средствами логико-методологического анализа.

После упомянутых исследований, на наш взгляд, уже нельзя рассматривать концептуальные революции как феномен, недоступный «рациональной реконструкции» логико-методологическими средствами. Возможность таких реконструкций, охватывающих и процессы генезиса принципиально нового знания, убедительно показана на ряде «образцов». Вместе с тем значительно углубляется понимание сущности и механизмов, критериев, структуры научных революций.

Революция в науке выступает как эпоха интенсивного роста знаний, коренной перестройки философских и методологических оснований научных дисциплин, формирование новых стратегий познавательной деятельности. Подобные перестройки определяются, согласно В.С. Стёпину, во-первых, обнаружением принципиально новых типов объектов, которые уже не могут быть ассимилированы существующей системой

знания, и, во-вторых, социокультурыыми факторами. Очень перспективна, в частности, идея В.С. Степина о важной роли социокультурных факторов в отборе из нескольких возможных путей развития научной дисциплины того, который и реализуется в ходе научного прогресса.

Достаточно корректно зафиксированы в концепции В.С. Степина и критерии научных революций. Они определяются формированием новых оснований научного поиска, завершающимся в основном после появления новых фундаментальных теорий.

Например, критерием глобальной научной революции может стать достаточно быстрая перестройка одновременно идеалов и норм научного познания (включая идеалы научности) и научной картины мира. Именно эти процессы характеризуют структуру изменений в естествознании XVI–XVII вв. Наиболее очевидным их выражением явилось формирование механицизма как общего методологического подхода к изучению природы. Но следует заметить, что одновременно произошло также формирование иной системы идеалов и норм познания, характерных для описательного подхода в изучении явлений природы (в астрономии, биологии, геологии и других науках), по своим принципам во многом отличной от механицизма, а также «картины мира натуралиста» (В.И. Вернадский), в значительной мере основанной на этом подходе. «Картина мира натуралиста» выступала как определенная альтернатива механической картине мира, целенаправляя изучение явлений, не сводимых к системе конструктов последней. Любопытно, что даже в естествознании XVIII в., на стиль мышления которого механицизм оказал наибольшее влияние, описательный подход и «картина мира натуралиста» играли важную эвристическую роль в познании природы.

Далее, хотя сам В.С. Степин и не согласен с выделением мини-революций как особого типа революционных изменений в науке, его модель позволяет сформулировать достаточно четкие критерии и для них. Если революция в какой-либо научной дисциплине связана с пересмотром всех блоков «картины исследуемой реальности», то мини-революция выражается в коренной перестройке содержания не всех, а лишь одного или нескольких из этих блоков[20]. Такому критерию соответствовало, например, появление электромагнитной картины мира, которая стала методологическим основанием электродинамики Максвелла. (Излагаемая точка зрения, очевидно, не согласуется с идеей полного отбрасывания прежней «картины исследуемой реальности» в ходе научной революции, как это представлено, напри-

мер, в модели П.С. Дышлевого.) С большой полнотой и конкретностью прослеживается на основе предложенной В.С. Степиным схемы и специфика процессов интенсивного роста знания в научных революциях разных эпох. Весьма привлекательна возможность реконструкции революционных изменений в науке, связанных с трансляцией абстрактных объектов из одних научных дисциплин в другие. Схема В.С. Степина позволяет более целенаправленно подходить к анализу достижений современной науки, выделению среди них преобразований потенциально революционного характера.

Логико-методологические исследования научных революций уже привели к интересным и содержательным выводам. Нет, однако, ничего удивительного в том, что многие проблемы остаются пока недостаточно разработанными. Например, какие именно концептуальные изменения следует рассматривать как процессы интенсивного роста знаний? Включают ли они открытия принципиально новых фактов (если их появление предшествовало разработке новой фундаментальной теории) или же только новых оснований научного поиска, которые находят относительное завершение после создания новой теории? Большинство исследователей оставляют подобные вопросы без сколько-нибудь обоснованного ответа. В лучшем случае он дается лишь в общей форме. Или же выдвигаются такие логико-методологические критерии научной революции, которые сконструированы со специальной целью — максимально «сжать» эпоху научной революции во времени. На достаточно серьезном уровне этот вопрос, как и ряд других, пока не прояснен.

Кроме того, в контексте не только выдвижения нового знания, но и его обоснования важную роль играют социально-психологические моменты. Обоснование принципиально новой системы знания отнюдь не тождественно ее признанию; оба эти процесса часто не совпадают и по хронологическим рамкам.

Нетрудно заметить, что за внешне рациональными аргументами против принятия новых идей, концепций, теорий (ссылки на их несоответствие «твердо установленным» эмпирическим или теоретическим знаниям, социокультурным традициям, недостаточную разработанность и т. п.) очень часто угадываются мотивы социально-психологического порядка: нежелание или даже неспособность принять и признать новую научную картину мира или теорию.

Такое признание и в наше время не совершается путем почти мгновенного «переключения гештальта». Здесь Кун, конечно, не прав.

Вспомним, например, насколько мучительным и сложным был процесс признания релятивистской космологии, с какой страстью выдвигались в ходе этой мини-революции многими астрономами самые изощренные доводы с целью отвергнуть принципиально новое знание. Споры продолжались вплоть до момента, когда даже сторонникам фридмановской космологии стало ясно, что предстоит переход к новой, более общей релятивистской и квантовой теории Вселенной. Глубинная суть всех приводимых доводов, даже если они соответствовали общепринятым стандартам научной полемики (а так было далеко не во всех случаях!), отражала не что иное, как научный консерватизм их авторов.

Признание выдающихся достижений естествознания прошлых эпох имело еще меньше общего с представлениями, согласно которым выбор теории должен определяться скрупулезным подсчетом вероятности большего правдоподобия одной из них перед другой. Гелиоцентричеекая система Коперника была «признана» европейской наукой чуть ли не за столетие до получения таких ее обоснований, которые должны иметь вес с позиций логико-методологического подхода. Напротив, в России признание коперниканской системы произошло лишь в связи с преобразованиями, осуществляемыми Петром I, причем и здесь социально-психологические, социокультурные факторы были, несомненно, определяющими. Механика Ньютона, довольно быстро признанная у себя на родине, первоначально более чем холодно была принята естествоиспытателями других стран. Ее победа над картезианством надолго задержалась в силу именно тех факторов, которые выглядят иррациональными с позиций некоторых сторонников логико-методологического подхода.

Таким образом, необходим более полный анализ факторов, которые могут сильно, а в некоторых экстремальных случаях даже решающим образом влиять на становление новых исследовательских программ, интенсивный рост знаний. Отсюда следует, по нашему мнению, что противопоставление логико-методологических и социально-психологических критериев концептуальных революций, а тем более исключение последних из философско-методологического анализа динамики науки нельзя считать оправданным. Синтетическая концепция научных революций должна учитывать критерии, сформулированные в рамках обоих подходов (как определенные моменты своих собственных обобщенных критериев).

Более того, говорить о концептуальной революции любого типа правомерно только тогда, когда становление новых исследователь-

ских программ сопровождается сопротивлением традиций, упорным неприятием принципиально нового знания. С нашей точки зрения, сопротивление традиций — не менее существенный признак подлинно научной революции, чем смена оснований научного поиска и концептуальных структур науки. В отдельных крайних случаях это сопротивление может принимать оттенок буквально иррационального отторжения даже получивших достаточное обоснование научных теорий (мы уже называли эпизод с фридмановской космологией). Если же сопротивления традиций не было, то следует говорить, пожалуй, разве что о скрытой, невидимой революции.

Логико-методологические исследования научных революций включают анализ многих частных форм взаимосвязей между происходящими в науке эволюционными и революционными изменениями. Но выявление подобной взаимосвязи в периоды самих научных революций разных типов не всегда проводится с необходимой полнотой, что широко используют сторонники эволюционных концепций. Мы считаем, что заслуживает обсуждения следующая точка зрения: прогресс науки всегда, на любом этапе включает одновременно обе тенденции — эволюционную и революционную, причем та или иная из них оказывается доминирующей. Это и определяет специфику анализируемого этапа научного прогресса. С такой точки зрения научные революции перестают казаться «экстраординарными» феноменами, хотя безосновательна и концепция «перманентной» научной революции.

Единство названных компонентов можно проследить как в динамике целостной системы научной деятельности, так и в одних лишь интеллектуальных аспектах науки и, наконец, в процессах роста научного знания. Если такая доминанта — революционные изменения в одном из разделов научной дисциплины, в самой этой дисциплине, а иногда и во всем естествознании, то они могут быть интерпретированы соответственно как локальные, глобальные или мини-революции. Но подобная характеристика отнюдь не исключает того, что в рассматриваемой ячейке науки одновременно проводятся также исследования, находящиеся вне русла революционных изменений и целенаправляемые либо прежними основаниями, либо довольно автономные по отношению к глубинным основаниям науки, как старым, так и новым. Это — разного рода рутинная научная деятельность, по своему объему обычно составляющая основную ее часть. Иными словами, в то самое время, когда в рассматриваемой ячейке науки

развертываются события революционного порядка: кризис прежней системы деятельности, в частности ее методологических оснований, выдвижение, обоснование, признание новой исследовательской программы,— в ней не прерывается нормальная научная деятельность. Ситуации такого рода многообразны. В одних случаях между сторонниками конкурирующих исследовательских программ ведется острая полемика, в других — само существование новых идей сначала игнорируется, а затем они как бы внезапно находят признание со стороны научного сообщества, в третьих — новая исследовательская программа оказывается несостоятельной, сходит со сцены и «революционная ситуация» рассасывается. Но во всех таких случаях революционные изменения — лишь один из компонентов научного процесса.

На первый взгляд может показаться, что подобная точка зрения в чем-то напоминает некоторые соображения, высказанные П. Фейерабендом[21]. Но это неверно. Ведь если цель Фейерабенда — «смазать» феномен научных революций, то цель предлагаемых соображений противоположная: найти способ более четко зафиксировать научные революции разных типов в качестве одного из важнейших компонентов научного прогресса.

Отметим еще одно обстоятельство, принципиально важное для излагаемой точки зрения. Рассмотрение механизмов и структуры научных революций показывает, что их исходными ячейками, вопреки наиболее распространенному мнению, выступает, как правило, не научная дисциплина в целом, будь то физика, астрономия, химия, биология или любая другая наука, а один из разделов той или иной научной дисциплины. В дальнейшем происходит распространение революционных преобразований на другие разделы соответствующей дисциплины. Примечательно, однако, что нередко ряд разделов науки, пережившей революцию, продолжает целенаправляться старыми методологическими основаниями.

Но революция в нелидирующей науке, начинающаяся к тому же в одном из ее разделов, т. е. выступающая сначала как мини-революция, может привести к революционным преобразованиям, захватывающим в конечном счете все естествознание и его методологические и философские основания. Очевидным примером будет всегда служить уже упомянутая выше дарвиновская революция в биологии. Она началась в одном из разделов биологической науки, отнюдь не ведущем в системе знаний о живом в середине XIX в., и довольно быстро привела к пересмотру методологических оснований в биоло-

гии. Но на этом процесс интенсивного роста знания, как известно, не завершился. Дальнейшее его развертывание связано с перестройкой всей научной картины мира, прежде всего одного из основных ее блоков — концепции эволюции природы. Отголоски этой революции заметны и сейчас — иногда в самых далеких от биологии областях познания. Достаточно назвать, например, одну из самых экзотических идей современной науки о «естественном отборе» вселенных. Другой пример — проникновение в лидирующую науку, физику, эволюционных идей из космологии и астрофизики, что ставит вопрос о коренном пересмотре методологических оснований этой науки.

Приведенные примеры свидетельствуют в пользу вывода о том, что коренные преобразования оснований естествознания не заканчиваются после завершения революции в лидирующей научной дисциплине. Идеалы и нормы познания, научная картина мира продолжают подвергаться дальнейшим радикальным изменениям. Если обратиться к естествознанию XVIII и XIX вв., то увидим, как серии мини-революций «расшатывали» отдельные блоки научной картины мира. Появление канто-лапласовской гипотезы пробило первую брешь в «окаменелом воззрении на природу», развитие же эволюционных идей в геологии (Ч. Лайель), а затем и в биологии привело к формированию в рамках научной картины мира классического естествознания достаточно целостной концепции эволюционизма. Сильнейшим стимулом для ее дальнейшего развития стало появление в научной картине мира «термодинамического парадокса» Р. Клаузиуса. Он был разрешен с эволюционистских позиций «флуктуационной гипотезой» Л. Больцмана, сформулированной в пределах оснований классического естествознания, но по своему объективному содержанию выходившей далеко за его пределы. Достаточно сказать, что гипотеза Больцмана, многими физиками уже давно сдававшаяся в архив истории науки, неожиданно возродилась, как Феникс из пепла, в идее грандиозных квантовых флуктуаций, одна из которых породила всю нашу расширяющуюся Вселенную. На протяжении XIX в. радикально изменилось содержание и многих других блоков научной картины мира. Успехи астрономии, химии и биологии, классической электродинамики привели к существенной перестройке концепции структурных уровней природы, в частности к пересмотру представлений об элементарных объектах естествознания, о типах природных взаимодействий, к открытию новой формы материи — физических полей и др. Все эти изменения блоков научной картины мира — не что иное, как

многочисленные мини-революции, которые шаг за шагом расшатывали основания классического естествознания, подготавливая новый коренной научный переворот — возникновение неклассического естествознания.

Еще один механизм революционных изменений в науке — междисциплинарные взаимодействия, происходящие без прямого участия лидирующей научной дисциплины, например между химией и биологией. Они также способны вызвать в соответствующих науках серьезные концептуальные потрясения типа мини-революций[22]. Таким образом, начиная с «ячейки» определенного масштаба, научная революция, как правило, выходит далеко за ее пределы, оказывая разнообразные воздействия на другие разделы естествознания.

Отсюда, на наш взгляд, вытекает, что мнение, согласно которому концептуальные революции — события совершенно исключительные, лишается убедительности. Оно может быть принято только в отношении наиболее крупных из них. Но приведенные соображения показывают, что в динамике развития науки должны учитываться и мини-революции. Тогда общепринятое мнение должно быть пересмотрено.

Еще более примечательно, что с рассматриваемой точки зрения глобальная научная революция (если сохранять за этим понятием его общепринятый смысл и отказаться от чисто редукционистского понимания динамики науки) не завершается после окончания революции в лидирующей научной дисциплине, а продолжается и дальше, меняя принятые в данную эпоху научного прогресса идеалы и нормы познания, а также научную картину мира не менее радикально, чем революция в науке-лидере.

Несмотря на необычность подобных выводов, представление об одновременном сосуществовании и взаимодействии двух компонентов научного прогресса: эволюционного и революционного, один из которых доминирует, позволяет объяснить ряд спорных моментов или по крайней мере наметить пути их объяснения. Вот лишь некоторые примеры.

1. Находят объяснение с позиций концепций научных революций обстоятельства, иногда выдвигаемые с целью некоторого размывания ее исходных понятий. Так, «широко распространенное превозношение» гигантских достижений науки нашего времени Е.Л. Фейнберг рассматривает как всего лишь «психологическое следствие экспоненциального роста всех количественных характеристик науки»[23], а не как следствие присущих ей специфических особенностей, например,

развертывания новой научной революции. «Если это и революция, то перманентная. Если это взрыв, то один из тех, сливающихся в единое горение термоядерных «взрывов», которые обеспечивают горение Солнца»[24]. Но экспоненциальный рост параметров науки — один из взаимосвязанных моментов ее прогресса, а смены концептуальных оснований научного поиска, на анализе которых Е.Л. Фейнберг практически не останавливается, — другой качественно своеобразный и несводимый к первому. Цитированные соображения, с нашей точки зрения, лишь подчеркивают единство обоих этих моментов.

2. Становятся совершенно попятными трудности и натяжки, возникающие при попытках четко зафиксировать начало и конец концептуальной революции на примере любого из общепризнанных ее образцов, будь то коперниканская, ньютоновская, дарвиновская или эйнштейновская. Все такие попытки (без какого бы то ни было исключения!) являются не только крайне противоречивыми, но и малодоказательными. В наиболее разработанных схемах структуры концептуальных революций хорошо показано постепенное зарождение в недрах старой концептуальной системы и соответствующего типа интеллектуальной деятельности предпосылок и оснований новой такой системы, их оформление в качественно новую систему знания и деятельности.

3. Могут более полно выявляться механизмы революций в отдельных науках, а также глобальных научных революциях, причем эти феномены действительно перестают казаться чем-то экстраординарным и становятся одной из составляющих научного прогресса.

Научная революция как смена системного состояния науки или ее раздела

Научные революции представляют собой многоаспектный феномен. Существующие подходы к их анализу должны рассматриваться как взаимодополняющие друг друга. Различия между этими подходами (без достаточных оснований доводимые иногда до противоположностей рационального и иррационального) могут быть сняты при более широком подходе к пониманию научных революций. Научная деятельность не является чисто интеллектуальной, не определяется все-

цело логико-методологическими и теоретическими рамками. Для достаточно полного выявления механизмов роста знания и трансформации концептуальных систем в ходе глобальных, локальных и мини-революций необходимо рассматривать коренные сдвиги в системе знания в единстве с коренными изменениями основных аспектов прогресса науки: системе познавательной деятельности, рассматриваемой как целостность всех ее компонентов и соответствующих социально-институциональных изменений[25]. В этом плане заслуживает пристального внимания изучение революционных изменений, которые могут быть вызваны появлением в данной науке новых материальных средств исследования, посредством которых осуществляется взаимодействие субъекта познания с изучаемыми фрагментами реальности (или их переносом из других наук). Ведь появление принципиально новых фактов, вызывающих аномалии, а затем и кризисы в системе знания, часто происходит вследствие применения новых приборов. В частности, новые средства и методы исследования нередко стимулируют формирование новых исследовательских программ. Ядром такой программы может выступать не только совокупность философско-методологических и теоретических положений, идей, принципов, но и нечто менее теоретизированное, например постановка задачи — исследовать определенную предметную область природы принципиально новым методом. В ходе НТР астрономия получила как раз такие средства и методы исследования — радиоастрономические, внеатмосферные. На их основе возникли исследовательские программы, которые приносят ныне наиболее ценную информацию, ведущую к глубоким концептуальным изменениям в науке о Вселенной. Но подобная же черта свойственна и другим научным дисциплинам — физике высоких энергий, наукам о Земле и др. Она может служить достаточно явным признаком не только предстоящих в данных науках коренных концептуальных изменений, связанных с прорывами в новые предметные области, но и начала научной революции НТР-го типа.

Новый серьезный сдвиг в построении концепций научных революций будет, вероятно, основываться на более полном и конкретном анализе единства эволюционных и революционных компонентов научного прогресса, которое проявляется во всей системе познавательной деятельности. Это позволит выявить пока неизученные взаимосвязи в структуре процесса познания.

Удачная модель динамики науки, в которой все основные структуры научной деятельности представлены в целостной системе, уже

давно предложена Б.А. Старостиным[26]. Наука рассматривается в ней как система, объединяющая элементы с различной природой — концептуальные (или информационные) и организационные (институциональные); выделяются группы параметров, которые задают системное состояние науки в целом, отдельных наук или их разделов. Изменения системных состояний, которые можно описать с достаточной строгостью, прослеживая изменения соответствующих систем параметров, позволяют вполне надежно различать подлинно революционные изменения разных типов и процессы экстенсивного роста науки. Это хорошо иллюстрируется путем анализа системных состояний античной и средневековой науки, системного состояния науки классической эпохи и науки периода НТР.

С позиций системного представления науки оказывается возможным конкретно, всесторонне и полно раскрывать социальные аспекты научного познания, в частности социокультурные предпосылки научных революций, их мировоззренческие и социальные последствия.

Итак, в наиболее общем плане научные революции должны рассматриваться как смены системных состояний наук или их разделов, включающие коренные изменения в способах научной деятельности. Конечно, проблема состоит не в том, что называть научной революцией в собственном смысле слова, а что — ее предпосылками, условиями или последствиями, но в том, чтобы достаточно всесторонне проанализировать всю совокупность основных механизмов революционных преобразований разных уровней и систем научной деятельности, рассматриваемых в единстве с процессами генезиса принципиально нового знания.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Мы рассматриваем — по необходимости кратко — лишь некоторые из связанных с этим вопросов, наиболее существенных для современного понимания научных революций. Подробнее см.: *Огурцов А.П.* Образы науки в буржуазном общественном сознании // Философия и наука. М., 1972; *Юдин Э.Г., Юдин Б.Г.* Наука и мир человека. М., 1978; *Порус В.И., Никифоров А.Л.* Эволюция образа науки во второй половине XX в. // В поисках теории развития науки. М., 1982; Наука и культура. М., 1984.

[2] *Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории. М., 1975; *Ракитов А.И.* Философские проблемы развития науки. М., 1977; *Панин А.В.* Диалектический материализм и постпозитивизм. М., 1981; В поисках теории развития науки. М., 1982; *Никифоров А.Л.* От формальной логики к истории науки. М., 1983; *Садовский В.Н.* Логико-методологическая концепция Карла Поппера // *Поппер К.* Логика и рост науч-

ного знания. М., 1983; *Косарева Л.М., Али-Заде А.А.* Модель развития научного знания Ларри Лаудана // Вопросы философии. 1986. № 5.

[3] См., напр.: *Кребер Г.* Эволюционизм в теории развития науки // Вопросы истории естествознания и техники. 1986. № 3 (нельзя, однако, согласиться с автором, когда он считает эволюционистской и концепцию Куна).

[4] *Кун Т.* Структура научных революций. М., 1975.

[5] *Тулмин С.* Человеческое понимание. М., 1984. С. 108

[6] *Кедров Б.М., Огурцов А.П.* Марксистская история естествознания XIX в. М., 1978; *Омельяновский М.Э.* Диалектика революций в физической науке и фундаментальные идеи ее основных теорий // Вопросы философии. 1978. № 9; Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981; *Дышлевый П.С., Найдыш В.М.* Материалистическая диалектика и проблема научных революций. Киев, 1981; Методологические проблемы историко-научных исследований. М., 1982; Диалектика — мировоззрение и методология современного естествознания. М., 1983 и др.

[7] *Гинзбург В.Л.* Замечания о методологии и развитии физики и астрофизики // Диалектика — мировоззрение и методология современного естествознания. М., 1973. С. 99.

[8] Там же. С. 93.

[9] *Полякова И. Л.* Критика современных буржуазных концепций коперниканской революции. Рукопись. Деп. в ИНИОН АН СССР. № 12 674. 1983, 7 апр.

[10] Идеалы и нормы научного познания. Минск, 1981 (см. статьи В.С. Степина, Н.В. Мотрошиловой, А.П. Огурцова); *Ильин В.В., Калиикин А.Т.* Природа науки: Гносеологический анализ. М., 1985.

[11] *Койре А.* Очерки истории философской мысли. М., 1985

[12] *Омельяновский М.Э.* Победа Октября и революция в естествознании // Вопросы философии. 1987. № 10. С. 89.

[13] *Родный Н.Е.* Очерки по истории и методологии естествознания. М., 1975. С. 197.

[14] Там же.

[15] *Стёпин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Идеалы объяснения и проблема взаимодействия наук // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.

[16] Структура и развитие науки. М., 1978.

[17] *Визгин В.П.* Методологические принципы и научно-исследовательские программы // Методологические проблемы историко-научных исследований. М., 1982; *Ахундов М.Д., Илларионов С.В.* Преемственность исследовательских программ в развитии физики // Вопросы философии. 1986. № 6.

[18] *Бранский В.П.* Философские основания синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973; *Стёпин В.С.* Становление научной теории. Минск, 1976; *Он же.* Структура и эволюция теоретических знаний // Природа научного познания. Минск, 1979; *Он же.* Научные революции и нелинейный характер роста знания // Диалектика — мировоззрение и методология современного естествознания. М., 1983.

[19] В статье П.С. Дышлевого «Научные революции как предмет философского исследования» (Научные революции в динамике культуры. Минск, 1987) вместо этого термина предлагается другой — «частнонаучные модели исследуемой реальности». Но такая замена нежелательна, ибо она лишь затемняет суть дела. Термин «модель» слишком многозначен, применяется в десятках и даже сотнях различных

смыслов. Мы ничего не выигрываем, придавая ему еще один смысл. Для «систематического и целостного» образа, репрезентирующего «мир» той или иной фундаментальной науки, целесообразно применять специфический термин, отличающийся, скажем, от таких, как «модель» идеального газа, нуклона или звезды.

[20] О структуре научной картины мира и ее основных блоках см.: *Казютинский В.В.* Философские проблемы астрономии // Вопросы философии. 1986. № 2.

[21] *Фейерабенд П.* Утешение для специалиста // Избранные труды по методологии науки. М., 1986.

[22] *Стёпин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Идеалы объяснения и проблема взаимодействия наук // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981; *Кузнецова Л.Ф.* Картина мира и ее функции в научном познании. Минск, 1984.

[23] *Фейнберг Е.Л.* Традиционное и особенное в методологических принципах физики XX в. // Единство и многообразие мира, дифференциация и интеграция знания. М., 1983. С. 46.

[24] Там же. С. 55.

[25] *Амбарцумян В.А., Казютинский В.В.* Научные революции и прогресс в исследовании Вселенной // Вопросы философии. 1978. № 3; *Они же.* Диалектика познания эволюционных процессов во Вселенной// Эволюция материи и ее структурные уровни.М.,1983

[26] *Старостин Б.А.* Параметры развития науки. М., 1980.

А.Б. Бахур

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И СОДЕРЖАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКИ

> Но любой живой организм — это фильтр и плотина энергии, противодействующая второму закону термодинамики или энтропии путем создания структуры, путем великого усложнения простых минеральных и газовых молекул
>
> *И.А. Ефремов*

Для системных идей мысль, приведенная в эпиграфе, важна потому, что их конкретное содержание, проявившееся в середине XX в., вышло на уровень понимания общих проблем созидания. Характеризуя жизнь как созидательное начало, И.А. Ефремов в одной фразе объединяет все основные системные концепции (теорию систем Л. фон Берталанфи, кибернетику Н. Винера, тектологию А.А. Богданова, функциональную теорию организации М.И. Сетрова) как разные стороны проявления противостояния разрушительному действию второго начала термодинамики.

Инженерная практика является одной из стадий созидательной деятельности людей. Она всегда была связана с созданием систем, под которыми люди, чаще всего не осознавая этого, понимали и понимают структуры, позволяющие концентрировать усилия для достижения цели. Это неосознанное понимание очень выразительно описано П.К. Анохиным: «Большей частью термин «система» употребляется там, где речь идет о чем-то собранном вместе, упорядоченном, организованном, но, как правило, не упоминается критерий, по которому компоненты собраны, упорядочены, организованы»[1]. Системный подход является органическим свойством инженерной практики. Система — это конкретно-аналитическое понятие, характеризующее целое в инженерной практике, и система нуждается в конкретно-ис-

торическом истолковании, характеризующем соответствующее понимание содержания созидательной деятельности.

Разработка концептуальных и прикладных проблем системного подхода самым тесным образом связана с проблемами изучения жизни (Л. фон Берталанфи по научной специализации биолог, А.А. Богданов по образованию врач, математик Н. Винер увидел аналогии управления в технике и в живом организме и т. д.). Можно сказать, что организм — это конкретно-аналитическое понятие, характеризующее целое в биологии. Но и понятие организма нуждается в конкретно-историческом истолковании, характеризующем соответствующий уровень знания о его устройстве и внутреннем взаимодействии.

Отношение технического прогресса и биологии явно соотносится со стихом из книги Бытие: «И сотворил Бог человека по образу Своему...». Как мы поняли сущность устройства организма, так, и не лучше того, мы можем создавать технику. Но создавая ее, мы приобретаем уверенность в несовершенстве своего знания.

Причины современного кризиса в развитии системных идей

Как правило, причинами кризисов в развитии тех или иных отраслей науки является недостаточность или недостаточная конкретность сложившегося понятийного аппарата для характеристики вновь открытых фактов и их использования в инженерной практике. Для понимания современного кризиса в развитии системных идей важно еще и то, что в круг этих проблем попадает и инженерная практика. Осознание инженерной практики стадией процесса познания сделало ее активным участником этого процесса. Практика — это реализованное понимание. Поэтому она становится одним из основных источников ощущений о несоответствии достигнутого, характеризуемого сложившимся понятийным аппаратом, потенциальным возможностям, которые угадываются в невозможности объяснения сложившимися концепциями вновь открывающихся фактов и явлений.

Достаточно долгое время конкретно-исторический облик системы воплощался в механизме — порождении инженерной практики. Это была эпоха, когда влияние механистических воззрений на различные стороны жизни было велико. Механизм рассматривался как образец упорядоченности. Именно зримость, конкретность устройства меха-

низма дала толчок философской разработке категорий целостности, системности и организации, ставших предметом постоянного анализа в классических философских работах начиная с XIX в. Эти категории являются основами всех концепций системного подхода[2]. Понимание механизма как системы создало понятийный аппарат, обслуживавший исследовательскую и инженерную практику. Элемент, связь, структура и т. п. имели под собой конкретный зримый образ и однозначное понимание (деталь, механическое соединение, узел).

Однако в это же время исподволь возникали представления, не увязывавшиеся с механистической концепцией. В первую очередь это различные организмические концепции (Риттер, Икскюль и др.), праксиология Катарбиньского и т. п. Однако общая достаточность механистических представлений для исследовательской и инженерной практики того времени привела к тому, что они не получили дальнейшего развития. Можно отметить тот факт, что термин «кибернетика» для обозначения науки об управлении ввел А.М. Ампер (1834 г.), а первая научная работа, посвященная кибернетике как науке об управлении, появилась в 1843 г. (Б. Трентовский «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом»). Однако в представлении многих автором термина и первой работы является Н. Винер.

Резкий, скачкообразный рост интереса к немеханистическим концепциям, появившимся в середине XX в., во многом объясняется изменениями в содержании инженерной практики, которые будут охарактеризованы в следующем разделе. Понятийный аппарат, обслуживавший механистическую концепцию, потерял свою образность, перестал быть конкретным. Создаваемые технические средства уже нельзя было характеризовать как механизм в его первородном смысле, связь потеряла свой механический характер, элемент уже не ассоциировался с деталью, в общую структуру объединялись разнородные (например, механические и электрические) элементы.

Понятие системы оказалось востребованным в отличном от механизма смысле, и были предложены концептуальные теории, заложившие основы современного системного понимания: «общая теория систем» Л. фон Берталанфи и «кибернетика» Н. Винера. Следует отметить, что к тому времени уже существовала и еще одна концептуальная теория — «тектология» А.А. Богданова (позже в ряде аспектов развитая М.И. Сетровым как функциональная теория организации).

Изменения в системных представлениях, проявившиеся в концептуальных построениях 60–70-х гг. XX в., оказались плодотворными

и принесли многочисленные результаты:

— был развит ряд теоретических дисциплин (в первую очередь — в рамках математических наук и теории управления), позволивший описывать и моделировать ранее не формализованные задачи;

— были разработаны прикладные методы решения сложных практических задач;

— были созданы инженерные решения, ранее казавшиеся недостижимыми (вычислительная техника, ракетные и космические комплексы, мировые системы связи и т. п.).

Однако наличие нескольких концептуальных теорий свидетельствовало о незавершенности разработки современной концепции системного подхода. Имея значительное количество общих моментов, ни одна из этих теорий не стала обобщающей. Различия между ними обусловлены в первую очередь тем, что каждая эксплицирует существенные свойства систем, представленные в других лишь в неявном виде. Это достаточно убедительно показано в работах М.И. Сетрова. Возвращаясь же к мысли, приведенной в эпиграфе, мы видим, что общий недостаток этих концептуальных теорий состоит в отсутствии указания на причины существования выявленных в них свойств.

Все это не позволило развить полный комплекс теоретических наук, прикладные методы которых необходимы в инженерной практике. Исчерпание идейного потенциала привело к спаду интереса к теоретическим разработкам, который можно было отметить уже с середины 80-х годов. Между тем возможности исследовательской и инженерной деятельности, заложенные в современном понимании системного подхода, далеко не исчерпаны.

Проблематика современной инженерной практики

Инженерную практику в обычном понимании можно охарактеризовать как одну из сторон деятельности людей, связанную с созданием (проектированием, конструированием, изготовлением) и эксплуатацией технических средств, служащих достижению поставленной цели. Такое понимание основано на длительном историческом опыте людей. Точнее это толкование можно назвать механистическим.

Однако для обслуживания современной инженерной практики такая трактовка стала недостаточной и должна быть заменена. Для это-

го необходим анализ сущности инженерной практики и изменения ее конкретно-исторического содержания.

Достижение поставленной цели в ходе созидательной деятельности представляет собой процесс эквифинального[3] целенаправленного преобразования исходной ситуации в конечную (связанную с достигаемой целью). Этот процесс представляет собой естественный ход событий, в который включаются действия, характеризующие вмешательство людей. На рис. 1 такой процесс представлен в виде ситуационной схемы.

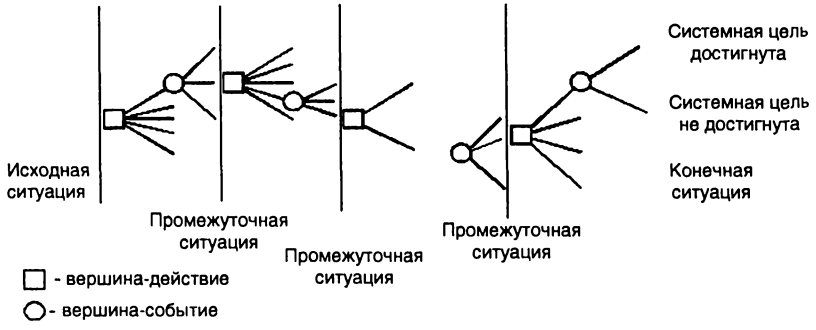


Рис. 1. Схема преобразования исходной ситуации в конечную.

В начальной ситуации, исходя из необходимости достижения цели какого-то вида деятельности, предпринимается действие, основанное на оценке текущего развития естественного хода событий. Конечно, реальное развитие в большей или меньшей мере будет не совпадать с предполагаемым. В результате возникает промежуточная ситуация, в которой потребуется новое действие, сохраняющее общую целенаправленность процесса. И так будет продолжаться до достижения общего результата или до возникновения ситуации, когда его достижение будет невозможно.

Естественный ход событий заключает в себе поток энергии, который представляет собой разрушительное начало (самоорганизация, изучаемая синергетикой, не создает необходимой степени эквифинальности достижения результата). Однако в результате целенаправленных действий людей (целенаправленного проявления отдельных энергетических возможностей) формируется неслучайная флуктуация этого потока. Именно такие неслучайные флуктуации

образуют созидательный поток энергии, позволяющий противостоять разрушению.

Приведем пример, представляющий собой один из вариантов классификации соотношения целенаправленного проявления людьми энергетических возможностей и энергии, заключенной в естественном ходе событий.

Лодка движется по реке. Цель — перемещение из исходного пункта в конечный. Естественный ход событий обусловлен течением реки, где есть зоны бурного и плавного течения, есть застойные зоны, водовороты и т. д.

А. Следование естественному ходу событий. Движение осуществляется за счет случайного попадания в различные зоны течения. Попадание в конечный пункт, будучи принципиально возможным, является маловероятным случайным событием.

Б. Энергетические возможности, имеющиеся на лодке, незначительны и позволяют противостоять только очень слабому течению. Теперь, двигаясь в основном по течению, лодка может маневрировать, а в отдельных случаях и противодействовать течению. Управление состоит в определении зон благоприятного течения и выборе действий, необходимых для попадания в конкретную зону и нахождения в ней. Попадание в конечный пункт, оставаясь случайным событием, становится более вероятным. Это обусловлено возможностью маневрирования по ходу течения реки. Однако в случае ошибки возврат возможен лишь в редких ситуациях.

В. Энергетические возможности, имеющиеся на лодке, в большинстве случаев позволяют противостоять течению. Теперь лодка может сочетать использование собственных энергетических возможностей с условиями течения в конкретной зоне. Управление состоит в определении зон благоприятного (или наименее неблагоприятного) течения и выборе действий, необходимых для попадания в конкретную зону и нахождения в ней. Попадание в конечный пункт в значительной мере теряет свой случайный характер. Более того, нахождение конечного пункта выше по течению в общем случае не является препятствием для достижения цели путешествия.

Г Энергетические возможности, имеющиеся на лодке, несравнимо больше энергии течения. Для перемещения из начального пункта в конечный необходимо и достаточно актуализировать эти возможности, независимо от расположения конечного пункта. Попадание в конечный пункт можно условно считать неслучайным событием.

Наиболее характерными для инженерной практики являются случаи Б и В. Представления людей о могуществе создаваемой ими техники как о власти над природой (случай Г) могут привести к разочарованиям. Люди, освоив новые энергетические возможности и считая, что могут противостоять любому течению событий, вдруг обнаруживали, что на самом деле они мыслили масштабами отдельного потока, а течение — гораздо шире. Одним из символов такого отрезвления является гибель «Титаника».

Сущность инженерной практики в ее современном понимании можно охарактеризовать как обусловленное целями созидательной деятельности направленное энергетическое воздействие на естественный ход процессов. Для формирования этого воздействия должна быть понята интегративная причинно-следственная связь, характеризующая все аспекты целенаправленного преобразования начальной ситуации в конечную и выбраны энергетические ресурсы, обеспечивающие необходимый уровень ее проявления вопреки неблагоприятному ходу естественных событий.

Интеграцию разнородных причинно-следственных связей можно рассматривать как практическое использование принципа Ле-Шателье, наиболее обобщенная формулировка которого предложена М.И. Сетровым: «Целое препятствует нарушению целостности». Роль целого в современных системных представлениях показана в работах Л. фон Берталанфи, А.А. Богданова, В.И. Вернадского и др.

Такой взгляд на сущность инженерной практики позволяет охарактеризовать изменения, произошедшие в ней и приведшие к необходимости эволюции системных идей. Причиной этих изменений является освоение людьми более высокого количественного уровня энергетических возможностей и их качественного состава. От ее механических проявлений совершился переход к использованию химической, электромагнитной, ядерной и даже социальной форм энергии.

Рассмотрим обусловленные этим изменения в инженерной практике. Для механистических концептуальных воззрений причинно-следственная связь преимущественно не носила интегративного характера, а представляла собой четкое, классически ясное взаимодействие очевидных причин. Эти причины реализовывались, как правило, в виде механических связей. В представлении людей причинно-следственная связь между исходной и конечной ситуациями и соответствующие энергетические возможности ассоциировались с техническим средством, через которое они проявлялись. Отсюда привычка искать одну не-

обходимую и достаточную[4] («ключевую») причину, представление связей в виде устройств (деталей), понимание элемента как отдельной конструктивной части и т. п. Это представляет собой пласт опыта плодотворной созидательной деятельности, обусловленной исторически конкретным пониманием сущности инженерной деятельности.

В современной инженерной практике причинно-следственная связь, обуславливающая преобразование исходной ситуации в конечную, связанную с достижением цели созидательной деятельности, стала интегративной и потеряла былой четкий, классически ясный облик. Концентрация увеличившейся энергетической мощи в «ключевой» причинно-следственной связи становилась гибельной для создаваемого изделия. Назрела необходимость поиска и интеграции в ходе разработки различных причин, позволяющих обеспечить требуемые характеристики создаваемой техники. Так, танк «Маус», разрабатывавшийся Ф. Порше в конце 2-й мировой войны, имевший практически непробиваемую по тем временам броню и колоссальную огневую мощь, в результате мог передвигаться только по специально подготовленным трассам, а танк Т-34, имевший куда более слабую броневую защиту и несравнимо меньшую огневую мощь, был признан лучшим танком 2-й мировой войны, поскольку представлял собой гармоничное интегративное сочетание различных свойств.

Более сложные виды энергии для своей актуализации требовали уже сложного комплекса сопричин (взрыв атомной бомбы требует для инициации направленного взрыва обычного заряда, что само по себе является комплексной проблемой). Это и привело к тому, что интегративная причинно-следственная связь стала представлять собой структурно организованную совокупность необходимых, возможных и дополнительных сопричин. В силу этого и процесс, характеризующий преобразование исходной ситуации в конечную, стал представлять собой интеграцию различных энергетических потоков, обеспечивающих проявление соответствующих причинно-следственных связей. В результате механистическое понимание систем постепенно теряло способность обслуживать возрастающие потребности современной исследовательской и инженерной практики и возник кризис, для выхода из которого стало необходимым формулирование новых представлений. Их основы и были заложены в упомянутых выше концептуальных теориях. Этим сложившаяся критическая ситуация была в основном разрешена.

Однако незавершенность современных системных представлений и недостаточная конкретность понятийного аппарата для обслуживания инженерной практики явились причиной наметившегося в середине 80-х гг. спада интереса к системным проблемам. Понимание современной инженерной деятельности как формирования интегративной причинно-следственной связи, обеспечивающей эквифинальное преобразование исходной ситуации в конечную (связанную с достигаемой целью), и воплощения ее в виде системы создает предпосылки для дальнейшего развития понятийного аппарата анализа систем.

Основные понятия системного подхода в свете современного содержания инженерной практики

Проведенный выше анализ современного понимания сущности и содержания инженерной практики позволяет сформулировать концептуальное определение искусственной системы. Речь идет о системе[5] как средстве инженерной практики. Рассуждения о естественных системах характеризуют наши представления об устройстве природы, выраженные на языке, порожденном этой практикой.

Искусственная система — это интегративный механизм управления, обеспеченный энергетическими возможностями, устойчиво поддерживающий необходимый уровень корреляции причинно-следственных связей между актуализацией этих возможностей и достижением поставленной цели.

В этом определении использовано новое понятие — интегративный механизм управления. В плане предлагаемого в настоящей статье толкования понятийного аппарата оно важно для зримой и конкретной характеристики общего облика систем в их современном понимании и по своей структуре отражает эволюцию взглядов на сущность систем. Вообще говоря, понятие «механизм» поднялось над своей первоначальной сущностью и приобрело достаточно общие свойства. Оно широко используется для образной характеристики целостных объектов со сложным сочетанием внутренних взаимодействий. Концептуальная характеристика системы создает облик сложно взаимодействующего логического механизма, осуществляющего целенаправленное управление использованием различных энергетиче-

ских ресурсов, оказавшихся в ее распоряжении либо за счет внешних источников, либо за счет собственных запасов. Взамен устаревшего образа механизма как совокупности совместно работающих деталей возникает образ логического механизма, слабо связанный с видом его конкретной реализации. Такое понимание обосновано А.А. Богдановым («механизм — это понятая организация»).

Существенную роль играет слово интегративный (отметим, что это свойство не характерно для механизма в его первородном значении: он сочетает взаимодействия, но не интегрирует их). «Системный подход означает, что каждая система является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных разобщенных функциональных систем и подсистем»[6].

Облик системы, развиваемый в настоящей работе, может быть воплощен в проекте, конструкции и на их основании реализован. Именно этого момента не хватало основным современным концептуальным подходам. Нельзя спроектировать, сконструировать и изготовить целостную совокупность элементов. Нельзя спроектировать, сконструировать и изготовить управление, не снабдив его ресурсами. «Пока мы не вникнем мыслью в то, что есть, мы никогда не сможем принадлежать тому, что будет», — писал М. Хайдеггер.

Однако на этом роль приведенного концептуального определения не исчерпывается. Инженерная практика может вернуть долг наукам об организме. Идея интегративного механизма управления может быть использована для истолкования понятия «организм» в его конкретно-историческом понимании, в качестве современной характеристики облика организма и организации его внутреннего взаимодействия.

Предложенному концептуальному определению систем соответствует общая схема структурной организации, приведенная на рис. 2. Она позволяет заново взглянуть на основные понятия, используемые в системном подходе.

Элемент. Характеристика его как минимальной неделимой части системы очевидно не удовлетворяет потребности современной инженерной практики. Будучи конкретным для механистического представления, когда энергетический поток отождествлялся с деталью, осуществлявшей передачу этой энергии, это понимание становится абстрактным, когда такое отождествление нельзя осуществить.

Основой структуры является *системный элемент*. Он объединяет в себе *элементарный ресурс управления* (элементарную возможность влияния на возможный ход событий) и *элементарный механизм*

управления им. Эта пара в составе системного элемента неразъединима подобно полюсам магнита.

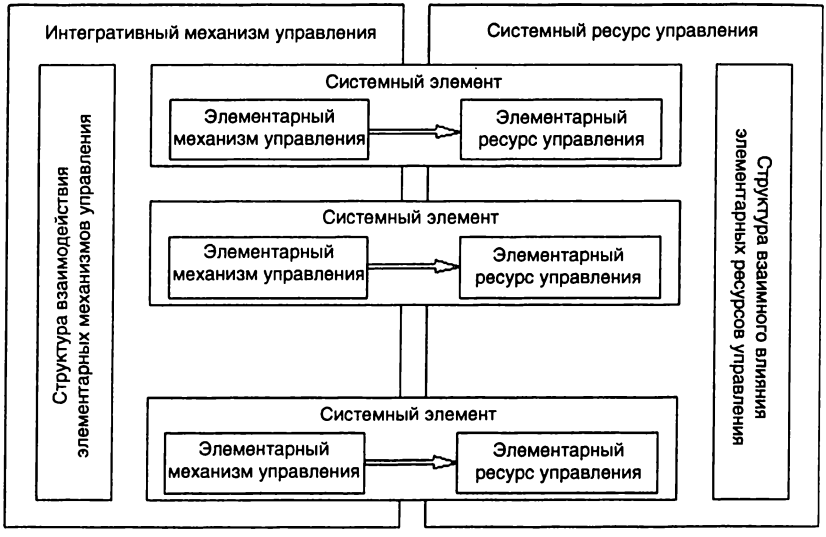


Рис. 2. Общая структурная схема системы.

В технических системах один видимый компонент конструкции может включать в себя несколько реальных системных элементов и, наоборот, возможно, что несколько компонентов конструкции составляют всего лишь один системный элемент. Так, балка может рассматриваться как возможность передачи нагрузки и тепла одновременно. Выбирая ее конструкцию, мы одновременно выбираем управление ее использованием.

В организационных системах системным элементом будут человек или группа людей, объединенных одним управляющим началом.

Механизм управления в системном элементе может носить как пассивный, так и активный характер. Разница между ними заключается в использовании принципа Ле-Шателье. Пассивный механизм управления использует его как данность и не требует для своей работы энергетических затрат. Активный механизм управления, как правило, накладывается на пассивный либо с целью интенсификации принципа Ле-Шателье, либо с целью организации точки равновесия. Однако его работа связана с энергетическими затратами. Таким об-

разом, если регуляция меры и времени проявления ресурса управления пассивным механизмом обусловлена ходом событий, то регуляция меры и времени проявления ресурса управления активным механизмом осуществляется опосредованно, через принятие решения и его исполнение.

Так, в приведенном выше примере описаны системные элементы с пассивными механизмами управления.

Такой подход к элементному составу системы позволяет более конкретно раскрыть ряд аспектов основных концепций (теории систем, кибернетики, теории функциональной организации).

Организация и структура. Эти понятия позволяют раскрыть основные внутренние свойства системы. Именно поэтому концепция функциональной организации была наиболее интегрирующей по отношению к теории систем и кибернетике.

Для характеристики функциональной организации систем в ряде работ были использованы понятия об экстенсивной и интенсивной структурах и понятия об энергетической и регуляционной (кибернетической) структурах. Но если наличие энергетической и кибернетической составляющих отмечено широким кругом исследователей, то понятия экстенсивной и интенсивной структуры введены и раскрыты М.И. Сетровым[7].

Толкования сущности и содержания инженерной практики, приведенные выше, позволяют более конкретно рассмотреть различные аспекты функциональной организации систем.

Из общей структурной схемы на рис. 2 видно, что системные элементы входят в два образования — системный ресурс управления и интегративный механизм управления. Системный ресурс управления — это состав энергетических возможностей разных видов, из которых формируется интегрирующее энергетическое воздействие. Эта структура имеет следующие свойства:

1) энергетические возможности нуждаются в актуализации;

2) между отдельными элементами существует взаимовлияние, обусловленое природными свойствами (например, протекание тока по проводнику вызывает его нагрев и передачу тепла в окружающее пространство).

Именно это взаимовлияние является основой для интеграции элементов, но оно же и порождает дисфункции. При интеграции мы используем только некоторые из свойств энергетических элементов (системообразующие свойства), а при актуализации элемента прояв-

ляются все присущие ему свойства. Неиспользуемые нами свойства порождают следствия, которые могут разрушить общую интеграцию (так, в приведенном примере выделение тепла может быть использовано для обогрева окружающих приборов, а может потребовать их дополнительного охлаждения).

Термин «системный ресурс управления» обозначает все те энергетические возможности, которые могут быть использованы для влияния на ход событий. Эти возможности представляют собой отдельные ресурсы для создания направленного энергетического воздействия.

Динамическое проявление системного ресурса управления представляет собой интегративный процесс как совокупность всех возможных сочетаний проявления энергетических возможностей. Он представляет собой обобщенный образ направленного энергетического воздействия. В конкретных условиях, во временной развертке интегративный процесс проявляется как процесс достижения цели.

Интегративный механизм управления (в его узком понимании) является структурой, образованной механизмами управления, которые осуществляют:

1) актуализацию и интеграцию только тех энергетических элементов, проявление которых необходимо при конкретном ходе естественных событий;

2) нейтрализацию конкретно проявившихся при этом дисфункций.

Связи и их структура. Наиболее скрытым аспектом является организация причинно-следственных связей. Этот аспект функциональной организации прошел мимо внимания большинства исследователей. Механистический подход к содержанию понятия «элемент» и к взаимодействию между элементами, влияние которого на мышление в силу незавершенности современной системной концепции еще заметно, не позволил эксплицировать причинно-следственную связь как структуру.

Выше было показано, что причинно-следственная связь, которая обусловливает возможность преобразования исходного состояния в конечное, носит интегративный характер. Интегративная причинно-следственная связь как целое включает в себя структуру связей между комплексом сопричин, обеспечивающих актуализацию конкретных энергетических ресурсов и именно их интеграцию, и структуру связей между актуализацией ресурсов и достижением соответствующих результатов.

Возможно, этот аспект организации пытался показать М.И. Сетров, введя понятия об экстенсивной и интенсивной структурах, но он не дал им достаточно конкретного толкования.

Интегративная причинно-следственная связь как организационное целое включает в себя несколько структур. Связь между механизмом и ресурсом управления в системном элементе, через которую осуществляется актуализация энергетических элементов. В системе роль этой связи состоит в том, что именно через нее непосредственно реализуется взаимодействие системного ресурса и интегративного механизма управления. Из схемы, приведенной на рис. 2, видно, что при рассмотрении системного ресурса управления и интегративного механизма управления как цельных образований связь между ними проявляется опосредованно. Реальная связь существует только на уровне системных элементов.

Связи между элементарными ресурсами в системном ресурсе управления обусловлены их естественными свойствами. Именно взаимодействие этих свойств создает основу как для интеграции, так и для появления дисфункций.

Связи между элементарными механизмами в интегративном механизме управления обусловлены стремлением обеспечить интеграцию отдельных ресурсов управления, обусловленную назначением системы, и нейтрализовать дисфункции.

Уровень проявления связи (часто употребляется понятие «мощность связи») — от возможной сопричины до необходимого и достаточного — определяется величиной ее энергетической поддержки.

Общая структура системы, представленная на рис. 2, должна обеспечивать устойчивость причинно-следственных связей в механизме преобразования начальной ситуации в конечную. Этим обусловлены два свойства, атрибутивно присущие организации систем. Первое выражено в виде принципа разнообразия Эшби. Другим свойством является гомеостаз. Несмотря на то что его использование в функциональной организации систем очевидно для многих ученых, основные результаты разработок в области гомеостатического управления почему-то слабо используются в теоретических и прикладных системных исследованиях. В то же время исследование проявления этих принципов позволяет в значительной мере конкретизировать формы структурной организации систем и разработать прикладные методы их структурно-функционального анализа[8].

Управление. Это понятие в значительной мере коррелируется с понятием организации. Управление можно охарактеризовать как действенное проявление организации. Такое понимание следует из смысла принципа разнообразия Эшби. В соответствии с ним функциональная организация системы предусматривает потенциальное многообразие возможностей воздействия на промежуточные состояния, возникающие в ходе преобразования исходной ситуации в конечную (см. рис. 1.). Но в реально возникающей ситуации осуществляется выбор конкретного воздействия (управление). Именно действенностью управления по отношению к организации обусловлено применение понятия «интегративный механизм управления», использованного в определении искусственных систем. Интегративный механизм управления в своем устройстве воплощает причинно-следственную связь, обусловливающую (в виде интегративного процесса) преобразование исходной ситуации в конечную, определенную целью созидательной деятельности. При управлении в процессе достижения цели интегративный механизм реализует конкретную форму причинно-следственной связи.

***

Современный уровень созидательной деятельности, зачастую расширяющейся до планетарных масштабов, привел к тому, что высокоабстрактные представления и логические построения стали непосредственно обслуживать инженерную практику. Поэтому для нее достаточно конкретна мысль, заключенная в эпиграфе.

Степень обобщения, органически присущая концепции системного подхода, придает ей статус универсальной теории. Эта универсальность не означает, что в этой теории будут собраны все знания. Концепция системного подхода в разработанном виде должна предложить структуру общих свойств до этого, казалось бы, разнородных явлений и процессов.

В значительной мере выросла роль объяснения (как самому себе, так и соучастникам разработки) неформальных представлений о создаваемой технике на самых ранних этапах возникновения замысла. Это может быть выполнено только на уровне высокоабстрактных представлений и логических построений[9]. В этом отношении интересен разбор работ выдающегося создателя методов изобретательского творчества Г.С. Альтшулера[10] М.И. Сетровым[11]. Однако еще более

интересно сопоставление этих методов с анализом сущности техники М. Хайдеггером[12]. Без особых натяжек можно сказать, что работы Г.С. Альтшулера являются реальным воплощением этих идей выдающегося философа.

Предложенное концептуальное определение системы также формирует образ создаваемого объекта, слабо связанный с видом его конкретной реализации. При этом будучи исторически конкретным, оно позволяет дать основу для дальнейшего развития современных системных представлений. Оно является интегративным по отношению к основным концептуальным теориям последнего времени: теории систем, кибернетике и теории функциональной организации.

Использование понятия «интегративность» приводит к тому, что эти подходы не просто объединяются, а ведут к формированию единой концепции, открывающей свойства, неявно выраженные в их рамках. Это позволит получить основу для накопления новых представлений о несоответствии понятийного аппарата системного подхода и вновь открываемых фактов и явлений, а значит, создаст предпосылки для нового кризиса. И плодотворность его разрешения во многом будет зависеть от того, насколько удачно предложенный подход сможет обслуживать современную исследовательскую и инженерную практику.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Анохин П.К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. М., 1973.

[2] *Сетров М.И.* Основы функциональной теории организации. Л., 1972.

[3] Эквифинальность — понятие, использованное Л. фон Берталанфи, означающее достоверное достижение определенной конечной ситуации из неопределенной начальной в условиях хаотического хода событий.

[4] В работе используется классификация причинно-следственных связей, предложенная в: *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. М., 1986.

[5] Далее по тексту при использовании понятия «система» речь будет идти об искусственных системах.

[6] *Честнат Г* Техника больших систем. М., 1969.

[7] *Сетров М.И.* Основы функциональной теории организации. Л., 1972.

[8] *Бахур А.Б.* Анализ функционирования космического аппарата с точки зрения аналогии с гомеостатическим регулятором // Технологические системы и управление в организме: общие принципы и аналогии. Сб. трудов, вып. 3. М., 1996; *Он же.* О некоторых основных понятиях системного анализа в аспекте больших систем // Управление большими системами. Сб. докладов международной научно-практической конференции. М., 1997; *Он же.* Подход к построению управления космиче-

ским аппаратом, основанный на теории гомеостатического управления // Проблемы и технологии создания и использования космических систем и комплексов на базе малых КА и орбитальных станций. II межведомственный научно-практический семинар. Тезисы докладов. М.: ГКНПЦ им. Хруничева, 1998; *Он же*. Подход к разработке проектной модели космического аппарата на основе теории гомеостатического регулирования // Там же.

[9] Эти аспекты фундаментально разработаны школой концептуального проектирования, возглавляемой С.П. Никаноровым (см. например: *Никаноров С.П., Никитина Н.К., Теслинов А.Г* Введение в концептуальное проектирование АСУ: Анализ и синтез структур. М., 1995; *Никаноров С.П.* Концептуальные методы // Проблемы и решения. Научно-практический сборник. № 12 (2001). М., 2001).

[10] *Альтшулер Г.С.* Алгоритмы изобретения. М., 1969.

[11] *Сетров М.И.* Основы функциональной теории организации. Л., 1972.

[12] *Хайдеггер М.* Время и бытие. М., 1993.

В.Г. Горохов

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ БЕРТАЛАНФИ, ВОЗНИКНОВЕНИЕ СИСТЕМОТЕХНИКИ И НОВОЕ ПОНИМАНИЕ НТП КАК УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

1. Теория открытых систем Берталанфи была связана, с одной стороны, с развитием антимеханистических тенденций в биологии[1], с другой же — с дальнейшим развитием механической модели объяснения функционирования организма[2], как опоры нового более изощренного механистического объяснения в кибернетике и системотехнике[3].

Людвиг фон Берталанфи, исходя из посылки о необходимости переноса центра тяжести исследований с частей на органическое целое и отвергая в то же время витализм, формулирует сначала в своих работах по теоретической биологии новый *организмический подход*: биологический порядок является специфическим и выходит за пределы закономерностей сферы неживой природы, но мы можем все более и более глубоко продвигаться в исследовании биологических процессов с целью установить более точные законы, соответствующие сущности органического, т. е. органические системы подчиняются иным закономерностям, чем неорганические. Механистическое направление в биологии пыталось исследовать физическими методами свойства и характер отношений органических структур и объяснить их с помощью физико-химических законов. Однако приспособление, саморегуляция и самовоспроизведение не могут быть полностью объяснены исходя из физико-химических принципов. Берталанфи подчеркивает целостный характер органических структур. Организм должен рассматриваться как динамическая система, и задача «организмической» биологии заключается в нахождении и формулировке законов, которым подчиняются свойства и отношения этих систем. Сам Берталанфи следующим образом резюмирует суть организмического подхода: целостный подход к системам вместо аналитически-суммативного подхода, динамическое представление вместо статического и машинного, рассмотрение организма как прежде всего активности,

а не в плане реактивности. Эти посылки означают, по его мнению, преодоление противоречий между механицизмом и витализмом. Организмический подход признает необходимость и возможность комбинирования глубокого и последовательного анализа, определяющего отдельные компоненты, с выявлением организационных закономерностей, в соответствии с которыми эти части и частичные процессы объединяются в единое целое. Позднее Берталанфи была сформулирована теория открытых систем (т. е. систем, обменивающихся с окружающей средой энергией и материей), которая позволила объяснить процессы роста, приспособления, регуляции и вопросы равновесия биологических систем. Она и легла в основу его общей теории систем (ОТС), ставшей исходным пунктом системного движения во многих областях современной науки и техники.

Норберт Винер, развивая кибернетический подход, имел в виду общность процессов регулирования и информационного обмена и у животных, и у машин. Он считал, что автоматы взаимодействуют, как и организмы, с окружающей средой — могут принимать и запоминать внешние образы (имеют органы восприятия, датчики и эквивалент нервной системы) и соответственно им действовать в этой среде, даже корректировать свою деятельность. Поэтому они могут быть хорошо описаны с помощью физиологических представлений и объединены с механизмами физиологии в одну общую теорию. Кибернетика пытается показать, что механизм обратной связи является основой телеологичности, или целенаправленного поведения, как в созданной человеком машине, так и в живом организме и в социальной системе. Берталанфи возражает, что в данном случае технические системы являются открытыми для обмена информацией, а не энергией и материей, как у органических систем. Говоря о близости идей кибернетики и ОТС, Берталанфи подчеркивает и их различие в происхождении и в базисных моделях (контур обратной связи вместо динамической системы взаимодействий) при общем интересе к проблемам организации и телеологического поведения. ОТС является результатом не военных и технических разработок, как кибернетика, а фундаментальных наук, в частности биологии, однако для этих дисциплин характерны в одинаковой степени междисциплинарность и методологическая направленность, в них исследователь первоначально абстрагируется от внутренних свойств системы, анализируя только ее внешние связи (принцип «черного ящика»), а иерархическое рассмотрение систем является руководящим принципом и допол-

няется описанием элементов, «кирпичиков», составляющих систему и связей между ними. Отвлечение от вещественного субстрата материальных процессов и рассмотрение их функциональных зависимостей является одним из основных требований и кибернетики, и ОТС. Однако предметом исследования кибернетики являются системы управления и информационные аспекты этих систем, а системотехники — первоначально сложные технические или человеко-машинные системы, сфера же ОТС распространяется на любые системы, а также любые аспекты и срезы систем.

2. Системотехника развивает методы управления разработкой проектов и созданием так называемых больших систем и возникла прежде всего как попытка представления сложных человеко-машинных комплексов в виде иерархических систем, находящихся в постоянном взаимодействии с окружающей средой[4]: перенесение модели технической системы, взятой из кибернетики и теории систем, т. е. как поточной системы, через которую протекают потоки вещества, энергии и информации (см., например, Гослинг[5]) на человека (см., например, перечни Фитца[6]) и всю человеко-машинную систему в целом, а затем корректировка этих представлений на базе развития антропотехники, инженерной психологии, эргономики и т. д. и перенесение их на технические компоненты и системы и всю систему в целом (см., например, Синглтон[7]).

Перенос механических свойств и функционирования машины на объяснение живого организма (независимо от оценки продуктивности этой исследовательской программы для изучения организма) имел следствием проведение сравнительного анализа организма и машины, который оказался впоследствии весьма продуктивным для развития машинной техники. Такого рода сравнения привели к тому, что некоторые свойства организмов были перенесены на машины, и стали говорить о природе машины, памяти компьютера, самообучающихся роботах, эволюции технических изобретений по типу естественного отбора и т. п. Это привело и ко многим продуктивным техническим решениям и разработкам, и к изменениям в научной картине мира, развитию системной картины мира и кибернетических представлений на основе обобщения не только физических и технических, но и биологических моделей действительности. В конечном счете некоторые характеристики живых систем переносятся на технические системы и служат прообразом для создания новых типов таких систем:

(1) живые системы — это саморегулирующиеся системы и системы с адаптацией, что соответствует явлению гомеостазиса в сложных технических системах (как достижение баланса в живом организме) и имеет прототипом терморегуляцию у теплокровных животных;

(2) самоорганизация живых систем переносится как образец на сложные технические системы — система организует саму себя в процессе прогрессивной дифференциации, эволюционируя от состояния простого к состоянию более высокого уровня сложности;

(3) способность к обучаемости живых систем становится прообразом создания обучающихся автоматов, а позднее сложных вычислительных комплексов и систем с искусственным интеллектом (речь идет, например, о моделировании информационных процессов в мозге, анализе нейронных сетей, психологических механизмов работы мозга и создании на этой основе вычислительных систем и программ, экспертных систем, развитии инженерии знаний, т. е. представления знаний для компьютерных систем и т. д.);

(4) моделирование поведения живых систем становится основой для создания прототипов новых технических систем, например, в технической биологии и бионике.

Отсюда напрашивался следующий шаг — перенесение эволюционных представлений из биологии в сферу физических систем. Не только отдельные физические системы, но и мир в целом (Вселенная) стал рассматриваться как органическое целое, как динамический процесс, как самоорганизующаяся система (перенесение кибернетических принципов, взятых из биологии и обобщенных в кибернетике на мир неживой природы), как эволюционирующая система (глобальный эволюционизм), как сложный объект комплексного исследования.

Сфера приложения системного проектирования расширяется практически на все сферы социальной практики (обслуживание, потребление, обучение, управление и т. д.), а не только на промышленное производство. Наряду с *системотехническим проектированием* формируется *социотехническое проектирование* (например, градостроительное, эргономическое, организационное и т. п.), задачей которого становится целенаправленное изменение социально-организационных структур, фактически проектирование систем деятельности, и главное внимание должно уделяться не машинным компонентам, а социальным и психологическим аспектам. Собственно, и современное инженерное проектирование видоизменяется под влиянием системного проектиро-

вания: сегодня в нем речь идет не о разработке отдельных технических средств, а о проектировании всей системы деятельности, в которую они включаются (системы обслуживания, управления, функционирования этих средств), а также об организации самой деятельности по созданию сложной технической системы, разработке проекта предстоящей проектной деятельности, без чего оказывается невозможной практическая координация разработчиков отдельных подсистем.

Таким образом, можно констатировать смещение акцентов в системном проектировании с проектирования технических компонентов на создание программных аспектов сложных систем и проектирование информационных потоков в сложных системах[8], замыкающихся на человеческие компоненты. Однако человеческие компоненты не рассматриваются более лишь как хотя и важные, но *элементы* человеко-машинных систем, поскольку в этом случае теряется решающий социальный аспект[9]. Речь идет о проектировании, а фактически в большей степени об организации и реорганизации социо-технических систем, где акценты явно смещаются на исследование и организацию систем человеческой деятельности, в которых машинные, технические компоненты играют второстепенную роль и на первый план выходит системный менеджмент и проектирование организационных структур[10]. С этим связаны, например, попытки использовать представления о самореферентных и автопоэтических системах по Луману для перехода от ставших уже традиционными и малопродуктивными в этой области системно-кибернетических представлений к представлению о социо-технической и человеко-машинной системе, призванной поддерживать устойчивое равновесие с окружающей социальной и природной средой. Реализация этого представления в сфере системного анализа, проектирования и менеджмента деятельности предприятий (современных хозяйственно-технологических комплексов) связана с изменением парадигмы в теории систем: переход от различения часть/целое к различению система/окружающая среда, от открытой системы к самореферентной системе, от самоорганизации к автопоэсису, от статической к динамической стабильности, от простого наблюдения к рекурсивному, анализу рефлексивных отношений, от проектирования и контроля к автономии систем, развитие дифференцированно-теоретического и антионтологического подхода.

Смысл этого нового подхода заключается в том, что система рассматривается с энергетической точки зрения как открытая, а ее вну-

тренние процессы и организация являются полностью закрытыми по отношению к окружающей ее среде. Поэтому автопоэтическая система репродуцируется в ходе закрытого для внешней среды рекурсивного процесса, в котором она сама воспроизводит и сохраняет свои составные части. Основная идея автопоэсиса заключается в характеристике *самоконституирования* единства с помощью релятивирования элементов и *самовоспроизводства* в ходе закрытого цикла. В этом и заключается переход от внешнего проектирования и контроля за системой к ее автономному рассмотрению как «организационной закрытости», т. е. «открытости при закрытости». Самореферентность системы представляет собой ее способность постоянно самопределять отношение к самой себе и отдифференцировать себя от отношений к окружающему миру, а также перманетно селектировать свои внутренние связи и элементы. Но главной предпосылкой является здесь способность системы к упорядочению вещей по отношению к самой себе и по отношению к окружающей ее среде, т. е. способность проводить такого рода различение, и способность к сопряжению системы со средой или системы с ее элементами, что вытекает из необходимости, с одной стороны, проводить границы, а с другой — связывать воедино. В теории самореферентных систем проблематика субъект-объектных отношений замещается отношением «система — окружающая среда», другими словами: система сама «автоонтологизирует» себя с помощью самореферентного оперирования, т. е. система конструирует окружающую среду как данную реальность и через эту процедуру утверждает и себя саму как реально существующую. Это обозначается как «деонтологизация» предметов, поскольку реальность переносится в сферу оперативной, самореферентной репродукции систем. Решающей мыслительной процедурой в этой теории становится тогда не мышление в терминах функций или структур, а проведение различений (между системой и окружающей средой, открытостью и закрытостью, элементами и отношениями и т. д.), следствием чего является динамизация понятий системы и элемента. Системе окружающая среда, которая рассматривается лишь относительно данной системы, требуется, собственно говоря, только для того, чтобы иметь возможность ограничить, т. е. конституировать себя. Одним из центральных понятий луманoвской теории систем является понятие самонаблюдения. По Луману, система только тогда существует, когда она сама себя наблюдает, т. е. идентифицирует себя, отделяя от окружающей среды. Важно, однако, от-

личать окружающую среду некоторой определенной системы от систем в этой ее окружающей среде. Существует, таким образом, некий «наблюдатель второго порядка», способный понять, что самонаблюдение отграничивает то, что другие системы (в качестве «наблюдателей первого порядка» или «внешних наблюдателей») осознают как мир, в котором они существуют. Многократное повторение процедуры дифференциации системы и окружающей среды, направленное внутрь данной системы, ведет к выделению в ней иерархии подсистем и одновременно к редукции сложности этой системы. Автопоэсис в данном контексте означает самоорганизацию, самоконституирование и саморепродукцию системы через построение подсистем. Поскольку же целью создания организаций в организационном или социальном проектировании является преодоление, редукция сложности с помощью упорядочения систем человеческой деятельности через механизмы самоорганизации, то применение здесь теории самореферентных систем оказывается вполне оправданным. Она является конструктивным и интегрирующим инструментом междисциплинарного сотрудничества при проведении исследования (и проектирования) организаций в рамках проблемной области экономики предприятия. Согласно этой теории развитие системы — это активный процесс с сильным акцентом на самоответственность и перманентную саморефлексию, в котором не организации выполняют определенные функции для окружающей среды, а окружающая среда оказывает влияние на саму себя через любую деятельность, которую предусматривает данная организация. При этом «конструктор организации должен осознавать, что проектирование организации представляет собой вмешательство, имеющее следствием изменения, которые невозможно рационально оценить»[11].

3. В рамках системного анализа можно выделить два уровня или направления исследований, первое из которых относится к внутрифирменному планированию, моделированию, проектированию и организации деятельности предприятия, второе — к проблематике планирования развития целых отраслей промышленности, науки и техники или даже национальной экономики, народного хозяйства страны или сообщества стран в целом и даже глобального прогнозирования и моделирования мировой динамики. Первое направление системного анализа самым тесным образом смыкается с развитием *системотехники* (поскольку проектирование, разработка, создание, организация производства, функционирование и даже исследование

больших технических систем представляет сегодня комплексную хозяйственную структуру — то, что и выражает понятие «*предприятие*»)[12], второе — с оценкой развития техники и технологии, научно-технической политикой.

В последние годы разработка проблематики системного анализа связывается с исследованием социальных, экономических, экологических и других последствий развития техники, поскольку сегодня мы находимся в принципиально иной ситуации, когда непринятие во внимание последствий внедрения новой техники и технологии может привести к необратимым негативным результатам для всего человечества и окружающей среды. Кроме того, мы находимся на той стадии научно-технического развития, когда такие последствия возможно и необходимо хотя бы частично предусмотреть и минимизировать уже на ранних стадиях разработки новой техники и технологии. Этой задаче и призван служить системный анализ последствий научно-технического развития. Такие последствия развития атомной энергетики, как чернобыльская катастрофа, не всегда возможно предсказать. Но необходимо хотя бы пытаться это сделать по отношению к новым проектам, проводить соответствующие исследования, выслушивать мнения оппозиционеров еще до принятия окончательного решения, создать правовые механизмы, регулирующие все эти вопросы. В развитых западных странах это связано с так называемой оценкой техники.

Быстро нарастающие изменения окружающей среды, вызванные неконтролируемым промышленным развитием, невозможно взять под контроль без использования политических средств. «С развитием современных технологий... возникают новые виды рисков и опасностей, которые ставят перед государством задачи не столько компенсаторные, связанные с устранением уже нанесенного ущерба, сколько превентивные». Становится необходимым «долгосрочное планирование, которое должно относиться как к предвосхищению новых технических возможностей, так и к расчету и устранению рисков. Чтобы правильно решить эти задачи, государство должно мобилизовать достаточный научно-технический потенциал. Иными словами, возникает тесная связь науки и политики», которая и выражается, в частности, в форме оценки техники как вида научно-технически-политического консультирования[13].

В 1966 г. подкомиссия Конгресса США по науке, исследованию и развитию комиссии по науке и космическим полетам подготовила

доклад о следствиях и побочных следствиях технологических инноваций. В 1967 г. председатель этой подкомиссии представил проект закона о создании «Совета по оценке техники». 13.09.1972 г. президент США подписал закон об оценке техники, предусматривающий создание бюро по оценке технике (Office of Technology Assessment — OTA) при Конгрессе США, задачей которого стало обеспечение сенаторов и конгрессменов объективной информацией в данной области. Одновременно в самом Конгрессе был создан Совет по оценке технике (Technology Assesstment Board — TAB). В качестве одной из основных конструктивных задач OTA — раннее предупреждение негативных последствий развития техники. После закрытия в 1995 г. этого бюро лидирующее положение в области оценки техники занимает Западная Европа. В *Германском Бундестаге* аналогичная комиссия (Enquete-Komission «Technikfolgenaschatzung») для оценки следствий применения новой техники и создания рамочных условий технического развития с акцентом на проблемы охраны окружающей среды была создана в 1986 г. Позднее, в соответствии с парламентским Постановлением от 16.11.1989 г., на базе отдела прикладного системного анализа (сегодня Институт системного анализа и оценки техники) Центра ядерных исследований г. Карлсруэ (с 1995 г. переименован в Исследовательский центр «Техника и окружающая среда») было организовано Бюро по оценке последствий развития техники Германского Бундестага, в котором работает междисциплинарная группа ученых — представителей естественных, общественных и технических наук, с целью улучшения информационной поддержки принимаемых решений и интенсификации взаимодействия между парламентом, наукой и общественными группами. Союз немецких инженеров (СНИ) также принял в 1991 г. директивы «Оценка техники: понятия и основания», адресованные инженерам, ученым, проектировщикам и менеджерам, которые структурируют новое техническое развитие, предполагая, что техническая деятельность всегда содержит и оценку техники и что не все технически осуществимое должно быть обязательно создано. Таким образом, техника не может более рассматриваться как ценностно нейтральная и должна отвечать не только технической функциональности, но и критериям экономичности, улучшения жизненного уровня, безопасности, здоровья людей, качества окружающей природной и социальной среды и т. п. Оценка техники, как и системный анализ, представляет собой планомерное, систематически организованное исследование состояния техники

и возможностей ее развития, определение непосредственных и опосредованных технических, хозяйственных, здравоохранительных, экологических, социальных и других последствий внедрения новой техники и технологии и возможных альтернатив этого развития, что должно стать основанием для принятия обоснованных решений и реализации соответствующими социальными институтами. Эту деятельность следовало бы называть социальной оценкой техники, но в этом случае теряются иные важные ее аспекты, например, экологический. Иногда ее называют также социально-гуманитарной, социально-экономической, социально-экологической и т. п. экспертизой технических проектов. Оценка техники, или оценка последствий техники, является междисциплинарной задачей и требует специалистов широкого профиля, имеющих не только научно-технические и естественно-научные, но и социально-гуманитарные познания.

В рамках системотехники оценка последствий и рисков создания новой сложной техники и технологии тесно связана с изучением реализуемости проектных предложений уже на ранних стадиях проектирования системы и ее отдельных компонентов.

4. Техника как предпосылка и в то же время результат научного исследования в сочетании с поддерживающими их хозяйственными и государственными структурами развилась сегодня в мировую силу, основывающуюся на принципе — можно сделать все посредством создания возможностей для приложения науки. Такого рода научно-технический прогресс оборачивается в конечном счете регрессом прежде всего в экологической сфере, ведет к разрушению окружающей среды и самого человеческого организма. Его можно сравнить с открытием ящика Пандоры, приносящего человечеству одновременно с благодатным даром Прометея неисчислимые бедствия и болезни. Атомная техника, химическая технология и генная инженерия, основывающиеся на достижениях соответственно ядерной физики, синтетической химии и молекулярной биологии, особенно глубоко внедряются в природные процессы и структуры, манипулируя уже не непосредственно ощутимыми феноменами, а именно этой «вторичной» научной реальностью, создавая новые комбинации чуждых «первичной» природе материалов, элементов и организмов. При этом абсолютно непредсказуемыми, непросматриваемыми и часто необратимыми оказываются последствия такого рода искусственного вторжения в естественную сферу. Альтернативой подобному техническому действию становится создание новой парадигмы в на-

уке и технике, ориентированной на учет переносимости природой таких вторжений на базе равноправных партнерских взаимоотношений с окружающей человека средой[14].

Современный этап развития науки и техники наглядно показал те границы, за которыми наука и техника, сегодняшняя или будущая, сталкиваются с неразрешимыми для них, или лучше сказать, самими ими развитыми научными и техническими проблемами. Развитие представления о научно-техническом прогрессе связано с идеей создания или проектируемости всего и вся, т. е. принципиальной возможности и даже необходимости реализовать, осуществить, исполнить то, что задумано, замышлено, запроектировано в научных разработках и что по умолчанию является благом для человечества. Это связано с иллюзией того, что наука способна раньше или позже с достаточной степенью точности предсказать, предусмотреть, предвидеть и, по крайней мере, свести к минимуму всякие негативные последствия этих научных проектов. Это «тотальное» проектирование всего и привело первоначально к «безграничному» расширению содержания проектирования, доводящему идею проектной культуры до абсурда и приведшему в конечном счете к осознанию ее границ. Речь идет даже о создании «универсальной теории проектирования», которая должна позволить нам применять все наработанные человечеством знания для создания новых искусственных продуктов и систем — артефактов. Основная идея этой теории базируется на том, что «не существует реальных различий между процессами проектирования в области инженерных продуктов, в архитектуре или строительстве, химии, микроэлектронике или микромеханике и т. д. Каждый искусственный объект в мире, т. е. все, что не естественно, должно быть спроектировано человеческими существами — и вопрос заключается в том, — существуют ли общие методы это сделать? Эту концепцию мы называем теорией проектирования... Размышления о теории проектирования включают вопрос об определении границ этой системы. Артефакты точно также имеют место в биологии, генетике или даже в проектировании законов. Мы ограничим сферу дискуссии неживыми артефактами, а также исключим такие искусства, как музыка — тем не менее было бы весьма интересно исследовать вопрос о том, как проектируется музыка... Целью данной конференции было обсудить предмет и увидеть, как может быть достигнуто общее понимание, которое привело бы к созданию и применению Универсальной Теории Проектирования». Тогда объектом проектиро-

вания становятся не только машины и технические или человеко-машинные системы, но и материалы, из которых они созданы, химические соединения и даже молекулы[15].

Выяснилось, что человеческое знание не способно научно все предвидеть, что можно лишь предусмотреть определенную степень риска новых научных технологий. Одновременно стала интенсивно разрабатываться проблематика моральной ответственности ученого и инженера за произведенные ими открытия и изобретения, в особенности после изобретения и испытания атомной бомбы. Была разрушена и, например, иллюзия того, что создатель отдельного элемента сложной технической системы несет лишь ограниченную ответственность за всю систему в целом. При распространении «естественно-научного» взгляда на социальное и организационное проектирование как создание социо-технических систем (локальных и глобальных социальных структур) пришло осознание сначала того, что социально-технические системы нельзя проектировать, исходя лишь из технических требований и методов, а затем и того, что их вообще нельзя «проектировать» в традиционном смысле этого слова и необходимо переосмыслить само понятие «проектирование».

В связи с развитием новейших информационных и компьютерных технологий произошло усиление теоретического измерения в сфере техники и инженерной деятельности, своего рода размывание границ между исследованием и проектированием. В рамках биотехнологии и генной инженерии особенно остро стала осознаваться необходимость развития научной и инженерной этики, непосредственно включенных в канву естественно-научного и инженерного исследования, особенно явно выявились внутренние границы научно-технического развития, заключенные в биологической природе самого человека. Развитие экологических технологий и выработка новой «философии» устойчивого развития привели к осознанию внешних границ научно-технического развития для человечества в рамках биосферы. «Научное познание и технологическая деятельность... предполагают учет целого спектра возможных траекторий развития... всегда сталкиваются с проблемами выбора определенного сценария развития из множества возможных сценариев. И ориентирами в этом выборе служат не только знания, но и нравственные принципы, налагающие запреты на опасные для человека способы экспериментирования... и... преобразования... Сегодня все чаще комплексные исследовательские программы и технологические проекты проходят социальную

экспертизу, включающую этические компоненты. Эта практика соответствует новым идеалам рационального действия... У человечества есть шанс найти выход из глобальных кризисов, но для этого придется пройти через эпоху духовной реформации и выработки новой системы ценностей»[16].

Новый этап в развитии современной науки и техники связывается с разграничением «жестких» и «гибких» естествознания и техники. Понятие «гибкой» (или «смягченной») науки и техники возникло в связи с критикой традиционной «жесткой» («суровой» по отношению к природе) химии, в ходе попыток свести к минимуму появление побочных продуктов химических производств, которые могут оказаться и действительно оказываются губительными для окружающей среды и самого человеческого организма, уменьшением выбросов вредных веществ в атмосферу, а также загрязнений воды и почв отходами производства[17]. Точно так же и в биологии можно различать эволюционную биологию, рассматривающую организм в качестве продукта долгой истории, и функциональную биологию, основывающуюся на принципах математизированного экспериментального естествознания (к последней относятся, например, генетика и экспериментальная молекулярная биология)[18]. «Жесткие» естествознание и техника ориентируются на идеалы научной рациональности и технического действия, выработанные идеологами классического естествознания — Галилеем, Бэконом, Ньютоном и Декартом, но остающимся действующими в значительной степени, хотя и в измененном виде, и в рамках неклассической науки. «Физика XX столетия весьма ясно показала, что в науке не существует абсолютной истины, что все наши представления и теории являются в ограниченной степени соответствующими истине и лишь приближающимися к ней». Эти представления несомненно сыграли свою положительную историческую роль, но привели к формированию своего рода жесткой науки и развитию базирующейся на ней жесткой технологии. «Только к середине XX в. стало ясно, что представление о жестком естествознании было частью картезианско-ньютонианской парадигмы, парадигмы, которая должна быть преодолена»[19]. Это различение родилось в процессе философского обоснования политики зеленых партий, прежде всего в США и в ФРГ, и имело последствия как в политике (связанные с развитием идей экологических технологий, минимального использования невозобновимых ресурсов, отказа от энергоемких производств и программ атомной энергетики), так и в технологи-

ческой и хозяйственной практике (попытки создания экологически щадящих, например, химических производств, скажем, красителей, на органической основе)[20]. Следует отметить, что все эти попытки встречают сопротивление промышленного лобби и часто не являются еще достаточно конкурентоспособными.

Фактически этап перехода от «жестких» к «гибким» технологиям и естествознанию можно отнести к этапу рождения «постнеклассической» науки и техники, где происходит переход к исследованию и созданию «человекоразмерных» систем, при котором «поиск истины оказывается связанным с определением стратегии и возможных направлений преобразования» такой системы, что непосредственно задается гуманистическими ценностями. «С системами такого рода нельзя свободно экспериментировать. В процессе их исследования и практического освоения особую роль начинают играть знания запретов на некоторые стратегии взаимодействия, потенциально содержащие в себе катастрофические последствия»[21]. Речь идет о выработке совершенно новой парадигмы научно-технического развития. С точки зрения этой парадигмы совершенно недостаточно, чтобы естество*испытатель* обращался с природой несколько «по-доброму», мягче, чем в рамках классической или даже неклассической парадигмы, т. е. более тактично допрашивал природу, осторожнее выведывал ее тайны, чтобы использовать полученное знание для своих целей, а не жестоко, жестко пытал ее, загнав в пыточную камеру научной лаборатории. Он должен осуществлять постоянную рефлексию своей собственной научно-технической деятельности, соотнося свои действия с исследуемой им природой не как с безжизненным объектом манипулирования, а как с живым организмом, способным иметь собственное мнение и свободу действий, а иногда и неоднозначно отвечать на некорректно и слишком жестко поставленные исследователем и проектировщиком вопросы, например, в экстремальных случаях даже катастрофами, вызванными неадекватной технической реализацией, основанной на слишком жесткой и самоуверенной научной предпосылке. Сам этот объект — природа, которым пытаются манипулировать (часто безуспешно) ученый и инженер, не существует раздельно от выросшего и «паразитирующего» на ее теле общественного организма, в интересах которого в конечном счете действует или должна действовать любая наука и техника. Поэтому «исследуемый объект» включает в себя на самом деле обладающие правом на самостоятельные мнение и действия субъекты, интересы ко-

торых могут затрагивать конкретные научные проекты. Эксперты-специалисты обязаны учитывать эти мнения и деятельность свободных общественных индивидов, включенных в сферу их исследования и проектирования уже на стадии предварительной оценки последствий новейших научных и инженерных технологий. В этом смысле производство научного знания становится неотделимым от его применения и от этики ученого и инженера, что неизбежно приводит к тому, что новое естествознание становится социально ориентированным естествознанием.

В заключение следует констатировать тот факт, что сегодня происходит процесс переориентации всей научной картины мира и современного научного ландшафта в связи с обострением глобальных экологических проблем, экологического кризиса цивилизации и развитием нового мощного комплекса наук об окружающей среде. Одновременно изменяется содержание многих традиционных научных дисциплин, все более и более включающих в себя экологическую проблематику. «Экология стала родоначальницей возникающего на наших глазах нового мировоззрения, не укладывающегося в узкие рамки частных интересов политических группировок, социальных слоев, наций и государств»[22]. Можно даже сказать, что лидером современного научного знания, оказывающим наиболее сильное влияние на научное мировоззрение, научную картину мира, даже содержание самого научного знания, являются больше не физика и не биология, а науки об окружающей среде. «Экологическое знание играет особую роль в формировании научной системы представлений о той сфере природных процессов, с которой человек взаимодействует в своей деятельности и которая выступает непосредственной средой его обитания как биологического вида. Эта система представлений образует важнейший компонент современной научной картины мира, который соединяет знания о биосфере, с одной стороны, и знания о социальных процессах — с другой. Она выступает своеобразным мостом между представлениями о развитии живой природы и о развитии человеческого общества. Неудивительно, что экологическое знание приобретает особую значимость в решении проблем взаимоотношения человека и природы, преодоления экологического кризиса и поэтому становится важным фактором формирования новых мировоззренческих оснований науки». Включенные в общенаучную картину мира, они «оказывают влияние на мировоззренческие основания всей культуры», определяют изменения в ценностных основаниях культуры[23].

Поскольку главной задачей философии техники является исследование технического отношения человека к миру, т. е. техническое мировоззрение, то она обязана учитывать вышеназванные изменения в мировоззренческих основаниях современной культуры, связанные с развитием глобальных экологических проблем и формированием новой системы экологических знаний. Этот факт неизбежно накладывает отпечаток и на философию техники, которая должна стать не только философским исследованием научно-технического прогресса, но и новой философией окружающей среды и устойчивого технического развития. В системотехнике как высшей ступени обобщения, развившейся в лоне современной техники, эта проблематика выражается в смещении акцентов на учет рисков и повышение надежности функционирования современной техники и технологии, на организацию внедрения и эксплуатации сложных систем, не входящих в конфликт с социальной и природной средой, и на создание компонентов и систем, работа и вывод из эксплуатации которых должны быть, во-первых, заранее предусмотрены и просчитаны в исходном проекте и, во-вторых, осуществляться с минимальным ущербом для человека и окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] «Аналогично Дришу первоначально и Берталанфи подчеркивает целостный характер органических структур. Однако в противоположность Дришу он отвергает как метафизическую и поэтому ненаучную «виталистическую» посылку, что эту целостность определяет «фактор энтелехии»: понятие целостности применимо только для содержательного описания сущности органических структур и не способно объяснить свойства и характер отношений между ними». Организм должен рассматриваться как динамическая система, и задача «организмической» биологии заключается в нахождении и формулировке законов, которым подчиняются свойства и отношения этих систем (*Grochla E.* Systemtheorie und Organisationstheorie // Organisation als System. Wiesbaden: Gabler, 1972. S. 125–126).

[2] С механистической точки зрения организм рассматривался как машина, проводилась редукция организма к машине. Для Декарта, например, поведение и строение животного аналогичны функционированию сложной машины. Отсюда возникают такие выражения, как конструкция организма, механизм поведения и т. п. Именно в этом смысле физиологи высказывались в таком духе: «Животные представляют собой не что иное, как неодушевленные автоматы; все процессы, которые совершаются в них, принадлежат к тому типу, который мы уже знаем из опыта с (например) насосами, рычагами, огнем и паром. Таким образом мы можем построить полную физиологию животного без того, чтобы было нужно выходить за пределы сферы чисто механических факторов» (*Toulmin S.*, *Goodfield J.*

Materie und Leben. Munchen: Wilhelm Goldmann Verlag, 1970. S. 342). Человеческий организм в принципе ничем не отличается, с точки зрения этой модели, от животного кроме того, что он обладает сознанием. Однако человек и животное представляют собой сложную машину, которая намного сложнее по крайней мере тогда существовавших механизмов.

[3] Следует отметить, что критика механистических представлений и выдвижение новых идеалов и норм научного исследования приводят к коррекции первоначально упрощенного механического объяснения природных явлений и признанию конструктивности такого подхода в определенных рамках и с определенными оговорками. Чаще всего в критике механицизма речь шла об отрицании какого-либо конкретного вида механицизма (например, ньютоновского или картезианского). Или же отказ от механицизма аргументировался тем, что процессы, например, саморегулирующегося гомеостазиса, характерные для живого, невозможно объяснить механически. Однако в настоящее время механистическое описание саморегулирующихся гомеостатических устройств стало общим местом в кибернетике. Таким образом, такого рода критика была направлена главным образом против грубого механицизма. Механическое объяснение, если его понимать как описание механизма природных явлений, не следует отождествлять с классическим образцом механизма — пружинными часами с передаточным механизмом. С помощью такого рода аналогий, конечно, не могут быть научно объяснены природные явления, но ведь и современные часы стали выглядеть иначе — они стали электронной схемой с микропроцессором. Важно не отождествлять описание механизма природных явлений с редукцией к их одному единственному основополагающему уровню (например, физико-химическому или атомному), признавать сложность связей элементов и взаимодействий в анализируемой системе и не считать приведенный на данном уровне развития науки список таких механизмов исчерпывающим. «Короче говоря, наука не должна начинать с исчерпывающего списка механизмов; это дело самой науки открывать механизмы, работающие в природе. На всякой стадии в науке может быть приведен апостериорный перечень механизмов; и наша уверенность в том, что такой список является исчерпывающим, покоится на уверенности в полноте этой сферы науки» (*Brandon R.* Concepts and Methods in Evolurionary Biology. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. P. 183–192).

[4] «Системотехник — это персона, которая способна интегрировать знания различных дисциплин и рассматривать проблемы с холистской точки зрения с помощью применения "системного подхода"» (Handbook of Systems Engineering and Management. N.Y.: John Wiley & Sons, 1999. P. 34).

[5] *Gosling W.* The Design of Engineering Systems. L., 1962.

[6] См.: Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 1. М., 1970. С. 183–184.

[7] *Singleton W.T.* The Mind at Work: Psychological Ergonomics. Cambridge, N.Y.: Cambridge University Press, 1989.

[8] См., например материалы 13 Международной конференции: *Dittrich K.R., Geppert A.* Advanced Information Systems Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer, 2001. Сама системотехника тогда становится системотехникой, поддержанной компьютерными технологиями, — computer-aided systems engineering (CASE): «Сфера и содержание CASE несколько отличается от автоматизации проектирования (CAD), автоматизации производства (CAM) и машинного моделирования (CAE), хотя и имеет с ними некоторые пересечения» (*Eisner H.* Computer-aided systems engi-

neering. N.J.: Prentice Hall, 1988. P. 4). Создание автоматизированных (т. е. включающих в себя человеческие компоненты в отличие от полностью автоматических систем) систем управления считается одной из главных областей системотехники.

[9] С чисто инженерной точки зрения, именно проектирование технического обеспечения является центральной задачей, а деятельность оператора играет сугубо вспомогательную роль. В сложных технических системах роль оператора существенно изменяется и усложняется, и возникает особая системотехническая и эргономическая задача проектирования взаимодействия между машинными компонентами сложных технических систем и человеком-оператором, пользователем или даже организациями. В последнем случае мы имеем дело уже с социотехническими системами и проектированием процедур деятельности. (См.: *Singleton W.T.* The Mind at Work: Psychological Ergomonics. Cambridge, N.Y.: Cambridge University Press, 1989. P. 4–5, 7–8).

[10] См.: Systems Engineering for Business Process Change. L.: Springer, 2000. «Инженер-системотехник не обязательно является, или, вероятно, вообще не является строителем системы, а более или менее лишь ее архитектором... Системотехника представляет собой технику менеджмента» (Handbook of Systems Engineering and Management. N.Y.: John Wiley & Sons, 1999. P. 15). Речь идет даже скорее о системотехническом менеджменте (Ibid. P. 113–118).

[11] *Stutzner L.* Systemtheorie und betriebswirtschaftliche Organisationsforschung: eine Nutzenanalyse der Theorien autopoetischer und selbstreferentieller Systeme. Berlin: Dunker & Humblot, 1996. S. 46, 62–63, 68, 70–71, 73–76, 164, 220, 224–225.

[12] «Системотехника — это множество мыслительных моделей, методов работы и организационных форм, которые относятся к проектированию, созданию и эксплуатации сложных технических систем в экономической и социотехнической взаимосвязи», — пишет Г. Рополь в предисловии к книге «Системотехика в проектировании фабрик», подчеркивая, что проектирование предприятий является одним из самых показательных примеров системотехнической деятельности (*Aggteleky B.* Systemtechnik in der Fabrikplanung. München/Wien: Hanser, 1973. S. 3).

[13] *Бехманн Г.* Оценка техники и оценка воздействия на окружающую среду // Динамика техносферы: социокультурный контекст. М., 2000. С. 114–115.

[14] *Gleich A. von.* Der wissenschaftliche Umgang mit der Natur. Über die Vielfalt harter und sanfter Naturwissenschaften. Frankfurt, N. Y.: Campus Verlag, 1989.

[15] Universal Design Theory. Proceedings of the workshop, Karlsruhe, Germany, May 1998. Ed. By Grabowski. S. Ryde, G. Grein. Aachen: Shaker Verlag, 1998.

[16] *Степин В.С.* Устойчивое развитие и проблема ценностей // Техника, общество и окружающая среда: материалы междунар. науч. конф. (18–19 июня 1998). М., 1998. С. 19, 20.

[17] *Gleich A. von.* Der wissenschaftliche Umgang mit der Natur. Über die Vielfalt harter und sanfter Naturwissenschaften. Frankfurt, N. Y.: Campus Verlag, 1989. S. 103–131. См. также: *Fischer H.* Pladozer fur eine Sanfte Chemie: über die nachhaltige Gebrauch der Stoffe. Braunschweig: Alembik-Verl., 1993.

[18] *Gleich A. von.* Der wissenschaftliche Umgang mit der Natur. Über die Vielfalt harter und sanfter Naturwissenschaften. Frankfurt, N. Y.: Campus Verlag, 1989. S. 160–171.

[19] *Capra F.* Wendezeit. Bausteine für ein neues Weltbild. Berlin, München, Wien& Scherz, 1983. S. 56, 68. (Capra F. The Turning Point. 1982).

[20] См.: *Fischer H.* Pladozer fur eine Sanfte Chemie: über die nachhaltige Gebrauch der Stoffe. Braunschweig: Alembik-Verl., 1993.

[21] *Степин В.С.* Философская антропология и философия науки.. М., 1992. С. 186.

[22] *Марфенин Н.Н.* Предисловие // Россия в окружающем мире. Аналитический ежегодник. М., 1999. С. 7–8.

[23] *Степин В.С.* Теоретическое знание. М., 2000. С. 675.

Г Бехманн

НИКОЛАЙ ЛУМАН: НОВАЯ ПАРАДИГМА ТЕОРИИ СИСТЕМ

Уже само название книги Лумана[1] начинается с истинностного парадокса: общество является самим собой и одновременно чем-то еще — от-себя-отличным. Идентичное оказывается Дифферентным.

Движение Лумана к теории современного общества длилось без малого 30 лет и осуществлялось одновременно по двум путям. С одной стороны, оно принимало форму отдельных публикаций, выходивших многочисленными тиражами с конца 60-х годов XX в., с другой стороны, с 80-х годов — нашло отражение в целом ряде законченных книг, в которых систематически рассматривались отдельные функциональные системы общества, такие, как право, наука и искусство. Кульминационным пунктом этого развития — его opus magnum — стала книга «Общество общества». На первый взгляд будто бы оправдались ожидания тех, кто полагал, что увидит здесь лишь повторы и пересечения с написанным раньше. Казалось, новая книга не содержит ни одной новой темы, не говоря уже о каких-то новых подходах. Поначалу ожидали скорее завершающего резюме, нежели прорыва в новые области. Однако стоит только всмотреться повнимательнее, как тотчас обнаруживается много еще нигде не прозвучавшего или, по крайней мере, прежде не сформулированного в такой форме. В отличие от прежних сочинений, форма которых зачастую отражала живое экспериментирование с текстом, а иной раз и просто игру слов, заканчивающуюся чем-то неопределенным, книжная форма изложения требовала от ученого систематического и доказательного стиля изложения.

Абсолютно осознанно было исключено то, что нельзя было непосредственно отнести к (предмету) теории общества: функциональные системы и теория систем. Для обоих этих тематических комплексов были зарезервированы самостоятельные, систематические типы изложения, в которых, однако, четко выделяются аспекты, связывающие их с общественной теорией. Так, функциональные системы исследуются в разделах «Оперативная закрытость и структурные со-

пряжения», «Теории рефлексии функциональных систем». В свою очередь, теория систем излагается в разделе «Различения системы и внешнего мира», а также «Комплексность». Это не свидетельствует о том, что оба эти отношения будто бы несущественны для теории общества; нет, они образуют две важные предпосылки для формирования его адекватной теории. Однако общество — особая социальная система, и поэтому теория общества требует рассмотрения проблемы его собственной рефлексии. С одной стороны, разработка теории подсистем демонстрирует конститутивное значение сравнимости различных социальных систем для теории общества. Если мы отказываемся от того, чтобы выводить общество из одного какого-то принципа или глубинной нормы, то все-таки следует подвести под общее основание или привести к общему знаменателю (общей проблеме) его дифференциацию на различные области, допускающие взаимное сопоставление. Эта общая проблемная ось выразилась в принципе системообразования. Дифференциация и системообразование являются для Лумана фундаментальными и фундирующими признаками современного общества. С другой стороны, Луман заявляет, что теория систем и теория общества соотнесены друг с другом и взаимозависимы. Поскольку же в предлагаемых томах фокусом исследования является общество, то следует выработать дифференцированную типику системообразования — «в отличие от всех социальных систем, которые образуются в обществе в процессе выполнения общественных операций, т. е. в отличие от общественных функциональных уровней, но также и от систем интеракции, систем организации или социальных движений, которые все без исключения предполагают, что общественная система уже конституировалась» (с. 13). Общество является, следовательно, не просто суммой всех в данный момент протекающих интеракций, а системой более высокого порядка, системой другого типа, однако, естественно, — как и любая социальная система — определяется на основе дифференциации система/внешний мир. И именно это различение — является главной темой обоих томов.

Изложение принимает мессианский характер. И в качестве мессии выступает социология. Социология в конечном счете является теорией общества, в противном случае она не была бы наукой. Если бросить взгляд на ее историю, то этот подход вовсе не является само собой разумеющимся. Напротив, в начале XX столетия и особенно в Германии после 1945 г. предметная идентичность социологии об-

наруживалась в факте замалчивания и даже отрицания ее соотнесенности с обществом. Она называла себя теорией социального. Такие категории, как роль, интеракция, интенция и социальное действие, как раз и образовывали категориальный остов скатывающейся к эмпиризму социологии, которая в теоретическом плане ориентировалась на естественно-научную эпистемологическую модель, где формулируются каузальные законы. Однако в понятии общества все-таки сохранило свое значение притязание и на глобальное представление общества, которое эмоционально представленное у Адорно, было подхвачено Хабермасом, разработавшим на этой основе теорию коммуникативного разума. Это притязание оказалось в противоречии с пониманием социологии, которая представляла себя в виде предметно-универсальной, самостоятельной теории социального. Но не оказывалось ли тогда общество такой же социальной системой, как и другие, и одновременно охватывающей, фундирующей? От этого парадокса социология не может освободиться и сегодня. Она ответила на это вытеснением и историзацией: теория общества и особенно критическая теория общества в значительной степени отступили в сферу философии. Ведь именно там якобы можно было найти специалистов в области всеобщих притязаний, последних фундирующих конструкций мысли и схематизации мира. Если уж заниматься общественной теорией, то типически это вроде бы требовало экзегезы классиков, как если собственная история теории могла сохранять, нести в себе и востребовать свои притязания.

Однако вынесение общества за скобки социологии словно мстит нынешнему поколению ученых. Подобно веберовскому вытесненному миру богов, который как бы воскресает в современную эпоху в виде войны ценностей, ныне понятие общества обнаруживает свои самые неожиданные и разнообразные значения: то как общество переживания (Шульце), то как общество риска (Бек), то как общество знания (Штеер), то как информационное общество (Хэфнер), — и всякий раз так, как будто бы один признак может представлять всеобщее. Такие окказиональные способы образования понятий как раз и сигнализировали вытесненное, а именно — притязание на то, чтобы понимать общество в его тотальности.

Итак, что же это означает для социологии, когда исследователи избегают попадаться в ловушку наивного объективизма, рассматривающего общество как некий предзаданный объект, который до некоторой степени словно предшествует всякому восприятию его со

стороны науки. Логическим следствием всякой объективистской позиции было бы рассмотрение общества с экстернализированной точки зрения, расположенной вне самого этого общества. Но такого пункта нигде не существует, ибо и наука, и социология суть процессы, протекающие в рамках общественной реальности. Именно в этом и потерпела крушение социология знания. Функцию наблюдения знания она была вынуждена делегировать некоей фиктивной, оторванной от социальной почвы и свободно парящей в небе интелленции, которая будто бы не подвергалась никаким коррумпирующим и искажающим воздействиям со стороны интересов или идеологий. Уже ранний Хабермас, как прежде Хоркхаймер, знал, что всякий акт познания уже являет собой момент самой познающей тотальности. Луман не просто разделяет этот подход, но и радикализует его, представляя на наш суд тезис, что общество никак не может быть объектом, который был бы доступен какому-то независимому наблюдению (с. 32). Как только мы перестаем рассматривать общество в качестве объекта социологического исследования наравне с другими, а выделяем его (общества) оперативное значение в качестве условия возможности социологического исследования вообще, тотчас теория общества превращается в самотематизацию и именно в том смысле, в котором философия субъекта высказывалась о рефлексии. В этой традиции рефлексия представала как осуществление действия само-о-сознающим субъектом, причем рефлексия берет на себя и содержит в себе контроль и критику действия и умения действовать. Она является исполнением действия и относит себя к процессам действия. У Канта это выражается в понятии познания как «действия рассудка». Луман следует этой традиции, однако переносит структуру самореференциального способа оперирования субъекта на теорию социальных систем и одновременно отвечает на вопрос, как возможно выстраивать социологию как теорию общества, которая бы учитывала эту предзаданную взаимосвязь теории и ее предмета. Для этого, по мнению Лумана, требуется радикальное изменение теоретико-познавательных позиций, которые ориентировались на субъект-объектную схему. Для теории «общество дано в качестве предмета, который уже изначально произвел из себя самого все необходимые для исследования предметные определения (сущностные признаки). Отсюда поэтому вытекает вопрос, будет ли учтено это обстоятельство, если мы предустановим то, что должно обозначаться с помощью понятия общества» (с. 34). Луман последовательно проводит радикаль-

но антигуманистическое, неонтологическое и радикально конструктивистское понятие общества (35).

Тем самым он решительно разрывает с существенной частью теоретико-познавательной традиции. Ведь обоснование общественной теории на базе системно-теоретической понятийности предполагает не только восприятие иного вокабулярия из различных и прежде всего естественно-научных и технических дисциплин, но требует четкого размежевания и отказа от онтологической концепции мира. «Самое глубокое и радикальное предположение заключается в том, что речь отныне идет не об объектах, а о различениях; что различения понимаются не как предзаданные реалии (т. е. различия), а как нечто такое, что сводится к требованию именно «осуществлять» различения, в противном случае было бы невозможно ничего обозначить, ничто бы не могло наблюдаться и ничто бы не могло продолжаться» (с. 60). Посредством замены понятия субъекта и переводом дифференции субъект—объект в различение система—внешний мир Луман начинает движение в направлении пост-онтологической, радикально-конструктивистской теории общества, которая на натуралистически-эмпирическом базисе развивается как теория наблюдения. Эта принципиальная установка нововременной философии субъекта и базирующееся на этом различение естественной и гуманитарной науки, а также связанное с этим отклонение гуманистической и соотнесенной с человеком понятийности, применяемой к определению общества, повлекли за собой широкую критику и еще больше непонимания. Не случайно мы обнаруживаем у Лумана характерные высказывания о Гегеле. Луман, который во всех своих произведениях осознанно дистанцировался от гегелевской философии, в этих высказываниях точно маркирует свое отграничение от философии сознания.

Комплексность лумановского теоретического проекта выражается не только в разнообразии тематик, которые он смог разработать с помощью теоретико-познавательного подхода, но и в том, как варьируются акценты в той или иной перспективе в ходе того, как он снова и снова представляет свой общий теоретический подход. «Социальные системы» написаны в первую очередь под углом зрения различения система—внешний мир, в то время как в «науке общества» в качестве исходного пункта выбирается теория наблюдаемых систем, что приводит скорее к теоретико-познавательным дискуссиям о наблюдении процессов наблюдений. Если попытаться назвать центральную перспективу также и «Общество общества», то референ-

ция четко ограничивается системой общества, которая отличается от всех остальных социальных систем, образующихся в обществе благодаря общественным способам проведения операций.

Луман здесь ясно проводит различие между системами интеракций, системами организаций, общественными функциональными системами и социальными движениями (с. 79), причем общество предстает как система, которая включает в себя все другие социальные системы. Одновременно с определением общественной системы вводится второе основополагающее различие. Луман размежевывается здесь с так называемыми «староевропейскими» теоретическими основаниями и концептами. Тем самым он пытается преодолеть отложения двухтысячелетней традиции, которая в виду функциональной дифференциации, по его мнению, должна рассматриваться как безнадежно устаревшая в своем стремлении понять современное общество. Староевропейским он называет стиль мышления, который имеет своим последним мотивом постижение единства разнообразного. Онтологическое мышление, которое он преимущественно и обозначает как староевропейское, исходило из единства сущего и стремилось выявить именно начало, лежащее в основе всего остального. Постижение единства мыслилось как субстанция, как субъективность или как идентичность, являло собой основную тему и цель этого мышления. Вместе с тем здесь подразумевалось и первоначальное единство мышления и действия. Общество, согласно классическому представлению, состоит из действующих субъектов, последнее общее начало которых есть участие во всеобщем разуме. Онтология подразумевает мир рационально упорядоченного бытия, некий отделенный от познающих субъектов, объективно существующий мир, который может однозначным образом быть представлен в форме языка. Этому возражает Луман: «Все идентичности (и я подчеркиваю: все) производятся через селективную оценку прошлых комплексов событий и снова и снова реконструируются в своей селективности. Они должны не только просто предполагаться, они должны также производиться». Единство тем самым не является последней точкой отсчета для теории, но само оказывается чем-то производным. Благодаря тому, что Луман еще и релятивирует саму онтологическую схему бытия—небытия как всего лишь одну среди других, он разрушает сами корни могучей традиции мышления. Тот, кто способен на это, должен иметь в своем распоряжении более убедительные основания и альтернативные концепции. Почти незаметно

Луман начинает это свое обоснование: «Староевропейская традиция возникла в обществе, которое сегодня уже более не существует, — как в отношении способов коммуникаций, так и в отношении форм дифференциации. И тем не менее эта традиция остается составной частью нашей исторической традиции и в этом смысле является релевантным для нашей ориентации культурным достоянием. Она не может просто так отмереть, — и именно потому, что она более не подходит, именно потому, что она постоянно отрицается. Чтобы иметь возможность от нее отказаться, она должна быть в нашем распоряжении (с. 894).

Здесь выявляется второе основополагающее различение, с помощью которого Луман структурирует свою теорию общества, а именно — дифференция социальной структуры и семантики. Характерным для этого различения является то, что оно само себя содержит, оно само является семантическим различением, и плодотворность теории как раз и состоит в разворачивании этого парадокса. Соответственно общественная теория сосредоточивается на двух уровнях. В плоскости семантики определяется дифференция со староевропейской традицией, на социально-структурной плоскости фиксируется взаимосвязь эволюции, дифференциации и развития посредников.

***

Свое понятие «общество» Луман вводит с помощью трех предпосылок, которые не были адекватно поняты и вызвали самую резкую критику. Его упрекали за антигуманистический, циничный стиль мышления. Итак, согласно Луману, (1) общество не состоит из людей, поскольку они принадлежат к его внешнему миру. Общество (2) представляет собой аутопоэтическую систему, состоящую исключительно из коммуникаций и помимо этого ничего в себя включает. Общество (3) может быть адекватно понято лишь в качестве общества мирового.

Изгнанием человека во внешний мир общества завершилась традиция децентрализации гуманистически-космологической картины мира. После того как в ренессансе он потерял свое место в центре физического космоса, после того как Дарвин лишил его выделенного и своеобразного места в биологической эволюции, а Фрейд отнял у него право на автономию и самоуправление, Луман словно подводит резюме и делает последние и решительные выводы, освобождая

человека от последних общественных уз. Если староевропейская традиция проводила грань между человеком и животным, причем на стороне первого оказывались разум, рассудок, воля, сознание и чувство, то неумолимое разделение психических и социальных систем, которые Луман вводит на место ранее занимаемое *homo sapiens*, помогает осознать, что общество есть новый эмерджентный порядок, который не может быть описан посредством антропологических понятий. Ему не свойствен субъектный порядок, пусть даже и в эмпфатическом, трансцендентальном смысле, как условие возможности последнего, фундирующих идей или человеческих качеств. Оно не является неким адресом, куда можно обратиться с требованием вести себя так или иначе или куда можно пожаловаться на неравенство или несправедливость во имя автономного субъекта. Общество есть последняя достижимая коммуникативная редукция, которая отграничивает неопределенное от определенного, или обрабатываемую комплексность от той, которую уже невозможно переработать. В более детальном специальном анализе Луман прослеживает этапы развития, в ходе которого человек все больше и больше отдифференцировался от общества.

После разрушения укорененности человека в космос сущностей, которые предписывали ему некоторый порядок, ранг и форму жизни, в XVIII столетии дифференция индивида и общества все сильнее проступает в общественном сознании. Хотя почти вплоть до XIX столетия продолжают придерживаться антропологического фундирования общественной теории, все труднее становится понимать общество как совокупность всех телесных и конкретных людей. Ни теория общественного договора, ни примыкающие к ней теории общественного согласия (консенсуса) были не в состоянии убедительно показать на базисе соотнесенных с человеком понятий своеобычность и самостоятельность общества по отношению к людям или хоть сколько-нибудь достоверно обосновать единство этой дифференции. Ведь чтобы как-то охарактеризовать это единство, которое предшествует и предпослано различению людей и общества, оба теоретических подхода должны были опереться на семантику субъекта или индивида. Эта дилемма восходящего к человеку понятия общества каждый раз всплывает во всех теориях — у Маркса, Дюркгейма, Вебера. У Парсонса дихотомия индивида и общества сужается до тезиса, что общее у людей сводится лишь к ценностному консенсусу. И лишь если осуществить ясное разделение общества и человека, можно уви-

деть то, что принадлежит обществу, и то, что можно причислить к сфере человеческого. Благодаря этому открывается — по ту сторону всякого высокого классического вокабулярия разума и рациональности, которые всегда будут оставаться априорными гипотезами, — возможность исследовать человека, его сознание и способы функционирования его духа на базе эмпирически-натуралистических определений. Посредством тезиса о разделении социальных систем и систем психических Луману удается ясно эксплицировать отношения общества и человека и рассмотреть их изменения и вариации на протяжении исторического процесса. Оба вида являются в этом смысле аутопоэтическими системами. Первый оперирует на базе сознания, второй — на базе коммуникации. Но что же такое общество? Поначалу можно дать приблизительную формулировку. Общество есть охватывающая социальная система, которая включает в себя все социальное и не знает ничего социального вовне и помимо себя (с. 80). Однако социальное определяется как коммуникация. «Коммуникация есть подлинно социальная (и единственная социальная) операция. Она подлинно социальная в той мере, в какой — хотя она и предполагает некоторое множество соучаствующих систем сознания — (именно поэтому) не может как единство приписываться никакому отдельному сознанию» (с. 81). Напротив, существенно то, что коммуникация всегда принадлежит обществу, что бы в ходе нее ни происходило и что бы в процессе ее ни рассматривалось. Тем самым Луман уже формулирует важные определения. Во-первых, коммуникация являет собой реальность *sui generis*, которая более не может быть сведена к чему-либо иному. Во-вторых, коммуникация конституируется как механизм общества в качестве аутопоэтической системы, и благодаря этому получает свое продолжение (процессизируется). Даже отрицание коммуникации являет собой коммуникацию и тем самым общественный процесс. Если коммуникация есть не что иное, как аутопоэтическая репродукция, то это (в-третьих) означает, что общество развивается как самосубститутивный порядок, который может изменяться только внутри себя и только через себя.

Тем самым коммуникация становится базисной структурой общества, причем отношение *коммуникация—общество* приобретает циркулярный характер: общество невозможно вне коммуникации, а коммуникация невозможна вне общества. Однако что же такое коммуникация? Или в постонтологическую эпоху такой вопрос был бы неправомерен? Первый (и самой простой) ответ мог бы быть следующим:

коммуникация — это операция различения или отличения. Посредством коммуникативных актов еще ничего не сказано о самом мире. Столь же мало коммуникация отражает реальности этого мира или дифференцирует мир. Ее подлинный смысл состоит в создании дифференций, к которым затем в ходе дальнейшего процесса могут присоединяться следующие коммуникации, стабилизирующиеся затем благодаря созданию (как раз этими коммуникациями) системных границ. Но и коммуникация сама не есть что-то первоначальное, не является каким-то последним неразложимым элементом, но сама является синтезом этих процессирующих (присоединяющихся друг к другу) селекций, которые Луман называет информацией, сообщением и пониманием. Эти три операции различения структурированы бинарно. Информация вычленяется из общего смысла. Из этого резервуара выбирается все то, что может рассматриваться как релевантное для сообщения и что не должно просто прийти к забвению. Для завершения коммуникативного акта следует принять решение о том, что должно акцептироваться, а что может быть отклонено или не понято. Этот синтез трех селекций в свою очередь представляет собой самореференциальный закрытый процесс (с. 72). Тем самым Луман делает более отчетливым процесс самоконституирования социального. Если социальное (или общественное) состоит исключительно из коммуникаций, то социальное как раз и состоит в данном аутопоэтическом процессе, который лишь из себя самого способен развернуть всю свою динамику. Внешний мир поставляет лишь стимулы, но не доставляет никакой информации. Понимание означает тогда непроизвольное и неслучайное осетевление коммуникативных событий посредством самореференциального процесса коммуникации (с. 73). Посредством повторяющихся обсуждений образовываются идентичности, на основе чего формируются границы общества, и то, что раньше в социологии понималось под обществом, освобождается от всех субстанциальных определений. Оно более не является общей моралью, его базис вряд ли стоит искать в консенсусе или выражаемой в той или иной форме опосредованной разумом интеграции. Общество формируется исключительно на основе продолжающихся и присоединяющихся друг к другу коммуникаций. Соответственно нет никакого смысла в том, чтобы говорить о таких различениях, как экономика и общество или наука и общество, ибо политика, экономика, право не находятся вне общества как нечто такое, что может быть как-то от него отделено, а в своих коммуникативных опера-

циях как раз и представляют общественный процесс (с. 90). «Общество тем самым состоит из взаимосвязи именно тех операций, которые не производят никакого различения, когда они производят различения. И все гипотезы о взаимопонимании, прогрессе, рациональности и других благих целях благодаря этому отступают на второстепенные теоретические позиции» (с. 91).

И в своем третьем определении, а именно в определении общества как мирового, Луман сознательно вступает в конфронтацию со староевропейской традицией? Луман отмежевывается от территориального определения понятия общества, которое сопрягало границы общества с границами национальных государств. Всемирные взаимозависимости, аннигиляция временных и пространственных ограничений посредством современных информационных и транспортных технологий делают все менее убедительным понятие общества как территориальной ограниченной реалии. Такие *adhoc*-теории, как концепция интернациональных систем, концепция транснационального общества, страдают от того, что они при всех своих отличиях, при всех культурных дифференциациях, на которых они основываются, не способны прийти к единству таким образом отличенного и поэтому не способны внятно объяснить свои «интер» и «транс». Традиция гражданского общества не предлагает здесь понятия, которое бы смогло прийти ей на смену, мы сталкиваемся лишь с описаниями все большего разнообразия, комплексности и растущего числа возможностей выбора. Если мир не может отныне постигаться как множество всех осязаемых и непосредственных вещей, как «*aggregation corporum*», в чем же состоит тогда общее, которое делает возможным вести разговор о мировом обществе? Луман же исходит скорее из некоторого банального наблюдения. Вместе с завершением эпохи великих географических открытий и, возможно, после проникновения в космическое пространство стало очевидно, что мир образует некую закрытую коммуникационную связь. В принципе каждый пункт на земле отныне доступен из любого другого вопреки всем возможным политическим или географическим препятствиям. «Мировое общество есть событие мира в коммуникации» (с. 150). Это определение получает большую убедительность, когда мы привлекаем к рассмотрению безусловную ориентированность современного общества на будущее. С исторической точки зрения, отдельные территории могут различаться между собой, и тем не менее их общее состоит в том, что будущее они рассматривают лишь как совместное, как единое.

«Мир», следовательно, образует ориентир в коммуникационной структуре отдифференцированных функциональных систем. Он является общим горизонтом смыслового переживания и благодаря этому оказывается не агрегатом, а коррелятом осуществляющихся внутри него коммуникативных операций (с. 153). С теоретико-познавательной точки зрения из такой перестановки вытекают очень серьезные следствия. Общество доступно наблюдению лишь изнутри и в качестве единства может наблюдаться самыми разными способами, что исключает возможность такой его декомпозиции, посредством которой можно было бы проникнуть к «подлинному», совместно наблюдаемому миру. Мы лишь беспрестанно наталкиваемся на новые и новые различения: а именно — конструкции. Здесь перед нами социально-структурная теория наблюдения второго порядка. Наблюдение второго порядка как раз и подразумевает, что в мире обнаруживаются наблюдатели, способные наблюдать других таких же наблюдателей; это значит, что, подключившись к метанаблюдателю, можно продуцировать различные проекты мира, хотя это возможно лишь в рамках одного мира.

***

Но как же общество познает себя, не вступая в противоречие с самим собой и, прежде всего, не занимая трансцендентных позиций, лежащих где-то вне общества? В последней главе «Самоописания» Луман пускается в запутаннейшие рассуждения об отношениях теории и ее предмета, которые в классической философии рассматривались как отношения непосредственности и опосредования. Способна ли теория разъяснить еще и свое собственное место и значение в процессах, протекающих в обществе, и, если это так, не рассматривает ли общество себя в некотором роде извне, хотя это возможно лишь в рамках внутриобщественной коммуникации. Так, Луман пишет: «Подобно самонаблюдениям, также и самоописания (изготовление текстов) являются конкретными и отдельными операциями системы. Вообще, в том, что касается описаний и описанного, речь идет не о двух отдельных, лишь внешним образом связанных фактах. Напротив, в процессе самоописания описание всегда является частью того, что оно описывает» (с. 884). Поэтому общественная теория — это всегда конструкция единства системы внутри нее самой. И это

конструирование никогда не может прийти к своему завершению. Такое понимание подвигло Лумана к тому, чтобы удерживаться от всякой мысли о возможном завершении своей теории. Хотя здесь особенно четко проявляется его близость с Гегелем (который так же, как и Луман, самореференциально конституировал Абсолютное тем, что мыслил систему как соотносяющуюся исключительно с самой собой, т. е. как систему, которая больше не имеет ничего внешнего, ибо всякое внешнее — лишь момент ее самодифференциации). Но все-таки именно в этом пункте Луман как раз и отходит от традиции, переводя ее на язык кибернетики, тем самым ее преодолевая. Общество не является субъектом ни в антропологически-интеракционистском смысле, как это вопреки всей его критике философии еще постулировал Адорно, утверждая будто общество есть «текучее (свернувшееся) отношение между людьми». Человек — вовсе не является (последним) элементом общества, однако также и общество не может более описываться посредством классической теоретико-познавательной субъект-объектной схемы, ибо именно на основе самореференциальности общества эта дуальность сворачивается, возвращаясь к себе самой, ибо: «Познание ищет интерсубъективной удостоверенности на стороне субъекта и предполагает наличие стабильных объектов» (с. 867). Общество, однако, как раз и не является таким стабильным объектом.

Этим завершается круг великого мыслительного движения, и то, что поначалу представало в качестве парадокса (то же самое является различным), оказывается общественной теорией, которая помимо прочего рефлексирует также и над проблемой своего собственного места в обществе, а затем включает эту рефлексию в свой теоретический каркас, одновременно рассматривая ее как свой объект и понимая под обществом способное к самомодификации единство (с. 14). Современное общество наблюдает себя как наблюдающее, описывает себя как описывающее, и лишь это является в строго логическом смысле самонаблюдением или самоописанием. Это описание общества в обществе более не осуществляется на базе понятия субъекта или с высоты трансцендентного разума. Речь идет о автологических операциях самой коммуникации. Общество — формула

самоописания общества ради достижения единства социального. Эмпфатическое понятие социологии подразумевает, правда, вопрос о единстве этой дифференции, составляющее его подлинное, сущностное. Единство общества оказалось бы тогда лишь вернувшимся к себе самому, соответствующим своему идеальному образу обществом. Традиция дала этому состоянию название Просвещения и использует этот идеал как меру современного общества. Социологическое прояснение Просвещения должно, однако, отказаться от этого идеала, или притязания, поскольку и эта позиция может быть подвергнута процессам наблюдения, а именно под углом зрения наблюдателя второго порядка. Контингенция мира в этом смысле не может быть как-то редуцирована и возвращена к прежнему состоянию, ибо социологическая теория принадлежит тому же самому, что она тематизирует, — обществу.

Луман возвращает в социологию тему, которую она почти забыла, а именно тему научно-рефлексивного суждения об обществе. Насколько мало биология или физика зависят только лишь от своих основных понятий, настолько же мало социология сосредоточивается на теории общества. Если же поставить вопрос о ее отношении к своему обоснованию и ее позиции в обществе, то она вряд ли сможет пройти мимо общественно-теоретической рефлексии уже хотя бы на том основании, что все предшествующие формы рефлексии (религия, философия, наука) могут быть еще раз подвергнуты наблюдению на предмет их функции в обществе. Теория общества Лумана предлагает проект, который на основе самых современных средств науки и на самом строгом эмпирическом базисе формулирует содержательную теорию. Луман является здесь первопроходцем, наводит мосты между социологией и другими научными дисциплинами, что позволяет встраивать в его теорию все новые данные из самых различных научных исследований. Но, чтобы подойти поближе к существу самой его теории, пожалуй, следует выделить два комплекса проблем. Во-первых, можно спросить, разделяем ли мы луманoвское описание проблемы, подход, согласно которому нужно исходить из внутриобщественной конституции теории? Уже ответ на один только этот вопрос многое решает. Во-вторых, важно рассмотреть луманoвское решение поставленной проблемы, а именно разворачивание теории общества как теории социальных систем? Такое решение следует проверить или заменить на более адекватные альтернативы. И поскольку эта теория противится всяким завершающим иде-

ям, следовало бы поискать рабочие возможности развить или продолжить луманoвскую мысль. Вопрос состоит лишь в том, достигнут ли тот уровень и степень комплексности, которые представлены в анализируемой книге. Как писал Адорно «лишь полная теория общества могла бы сказать, что есть общество». Я думаю, труды Лумана позволяют продвинуться значительно дальше на пути построения такой теории.

Перевод А. Антоновского

ПРИМЕЧАНИЕ

[1] *Luhmann N.* Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt/M.: SuhrkampVerlag, 1990.

О.С. Разумовский

СИСТЕМОСОФИЯ, СИСТЕМИЗМ, ОБЩАЯ И ЧАСТНЫЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Смысл и цель нашей небольшой работы в том, чтобы по случаю столетнего юбилея Л. фон Берталанфи обратить внимание всех, кто занимается философскими, теоретическими, методологическими и праксеологическими вопросами системного исследования и их приложений, на неопределенность и размытость объектного, предметного и концептуального полей. Не случайно, что фактически существует несколько понятий, не совпадающих по своему характеру, которые обозначают, раскрывают и отражают содержание и смысл этих исследований с самых разных сторон. Существуют связанные с этим непосредственно проблемы соотношения понятийных и концептуальных полей теоретико-множественных и теоретико-групповых идей и представлений в математике, с одной стороны, и теории систем — с другой. Кроме того, в рамках представлений о сложных и больших системах, сотах и сетях развиваются концепции, понятия, анализ и конструируются модели так называемых *реляционных сочетаний* как качественно и структурно специфических объектах. О том и другом нам уже доводилось писать[1], и здесь мы лишь упомянем о них. Существует также необходимость сравнительного анализа системных представлений и концепций и изучения качественно и структурно специфических сетевых и сотовых по природе объектов. Им соответствуют определенные понятия и представления, отображаемые концептуально в специальных теориях сетей, моделях и т. п. Суть вопроса, который мы здесь хотели бы обсудить, состоит в том, подверстываются ли концептуально, номологически и формально эти последние к полю системных понятий, моделей, структур и законов на основе принципов выводимости или нет? Они нередко четко не различаются, просто смешиваются друг с другом, хотя это обстоятельство тоже имеет свои основания, которые надо прояснить.

Поле системных исследований

Зафиксируем сначала поле системных исследований вообще. Изучение систем, а это всем известно, ведется в рамках как общего системного подхода и системного мышления, методологии системного анализа, как в общей теории систем (ОТС), так и в частнонаучных системных теориях. Системные исследования ведут и те, кто развивает *системологию* как специальное формализованное и математизированное направление. Развивается также прикладное направление — *системотехника*. Ими занимаются и те, кто развивает обобщенное представление о системных исследованиях в рамках «системизма» или «системной философии», родственных диалектике. О них идет речь в вузах на лекциях и семинарах по «Теории систем».

По-видимому, все специалисты по системным исследованиям согласятся с тем, что ни одно из перечисленных названий не отражает общей, единой сути всех этих исследований и разработок в полном объеме, а лишь частично, специфицированно, односторонне. При этом выделяется или общее, или частное, или особенное понятие и представление о системах (говоря конкретнее — прежде всего, философское как общее, абстрактное, а затем и математическое формальное как общее, далее — формализованное и/или содержательное частное и, наконец, прикладное как особенное). Между тем перед нами мощное, целостное и всестороннее общенаучное направление, сопоставимое по масштабам применения и своему значению с другими старыми и новыми общенаучными дисциплинами. Речь идет о таких дисциплинах, как логика, математика, механика, кибернетика, информатика, общая синергетика, глобальный эволюционизм, историзм, оптимология и др.

Известно, что центральными понятиями в ОТС и в других собственно системных теориях являются «система», «элемент», «отношение», «структура», «организация», «эмерджентность», «целостность» и др. Основная идея ОТС состоит в признании единых системных закономерностей и принципа целостности, т. е. того, что целое качественно не есть сумма свойств частей, а оно суть новое качество, оно эмерджентно. Заметим, что мы не разделяем скептицизма Н.Н. Моисеева насчет успехов всего этого направления, который относил ОТС к числу «несостоявшихся наук»[2].

В принципе, анализ вопросов, поставленных в заглавии нашей статьи, — это «нормальная» философская проблема, а именно одна

из проблем философии и методологии науки. Но философы у нас и за рубежом в период «системного бума» в 50–70-е гг. XX в., испугавшись претензий «системщиков» на то, что теория систем — наука всеобъемлющая (как говорил Л. фон Берталанфи: «Системы повсюду»), что она даже заменяет философию, ушли от обсуждения этого вопроса.

Вместе с тем перед нами также и практическая проблема, которая сквозь призму проблем взаимосвязи, организации и структуры наличного знания, а также классификации наук, касается, во-первых, построения и целостности накопленного знания в этой области в самой науке, а также в учебных программах и дисциплинах в высшей и специальной школе, во-вторых, библиотечного дела, обеспечивающего информацией науку и практику, в-третьих, содержания современного образовательного комплекса, а также организации конкретного учебного процесса в высшей и спциальной школе, включая аспирантуру. Почему это так? Отчасти дело в том, что обобщающие теоретические работы по теории систем и всему полю системных исследований только еще создаются, проектируются, а учебных пособий и учебников, где все перечисленное как направления системных исследований было бы последовательно и понятно изложено, у нас в продаже пока что не найти, они нам не встречались. Видимо, они еще не написаны, может быть, их пишут, возможно, они есть за рубежом, и тогда их надо переводить в России.

Деканаты в высшей школе, формируя расписание занятий, обычно мешают в кучу все эти направления, игнорируя то, как все это именуют кафедры, и обозначают их в учебном плане для краткости, например, как «Системология», — по аналогии с давно известными дисциплинами. Однако и сами преподаватели зачастую путают ОТС и системологию, ОТС и системотехнику и т. п., когда предлагают свои лекции, семинары и спецкурсы студентам и аспирантам. Автору приходилось с этим сталкиваться неоднократно в Новосибирском университете и в архитектурно-художественной академии (на специальностях архитектура и градостроительство). Читатель легко может умножить примеры такого рода. В итоге возникает сначала неадекватное отражение системных дисциплин и направлений в учебных планах и программах, а потом и в головах обучающихся.

Общую теорию систем сегодня признают общенаучной, или интердисциплинарной, теорией. В принципе, ее вроде бы можно формализовать в виде, например, какой-нибудь из версий системологии, чтобы

действительно получить единую (и единственную) теорию в смысле того идеала построения научной теории, какой сложился в XX в. под влиянием образцов, заданных математикой. Их-то, наверное, и имел в виду Н.Н. Моисеев, критикуя современное состояние системных исследований. Однако этого до сих пор не произошло: пока что существует ряд теорий разного уровня и характера, построенных на разных основаниях, и все они именуются ОТС. Нечто подобное легко найти сегодня и в математике: мы можем построить множество арифметик, прибегая, например, к разным системам счисления, таких, как двоичная (как в программах компьютеров), десятеричная (которой мы широко пользуемся), дюжинами (как при исчислении времени специальными единицами — «часами» 12 + 12 в сутках), шестидесятеричная (угловые единицы и единицы времени вроде минут и секунд). Мы можем построить множество геометрий на разных основаниях и аксиоматиках, таких, как Евклида, Лобачевского, Римана и т. д. Сам Берталанфи, как известно, сравнивал общий характер ОТС с общностью теории вероятностей, за что его по недоразумению беспощадно критиковали[3].

По оценке В.Н. Садовского[4] и на наш взгляд, заслуги Берталанфи в следующем.

1. Выдвижение *идеи системности* как общего принципиального основания для описания качественно специфических объектов разного рода (системный фундаментализм).

2. Предложение обобщить множество частных теорий открытых систем в *общую теорию* открытых систем, а также самостоятельное развитие основ такой теории.

3. Самая важная его находка — введение *абстрактно-теоретического представления системы* как комплекса элементов, находящихся во взаимодействии.

4. Создание определенных предпосылок для формирования современного системного мышления и подхода как сквозного интердисциплинарного направления во всей науке XX в.

Поясним. Системный подход и системное мышление не могут существовать безотносительно к реальности и обоснованной онтологии мира. Принимая во внимание результаты современной науки, можно построить онтологию мира с точки зрения, например, феномена организации и уровня сложности последней в виде цепочки:

Системы — Соты — Сети — Агрегации — Поля с частицами — Хаос — Сингулярности (вроде фридмона в космологии) — Поля и пленум вакуума.

Возможно, что мы где-то допускаем неточность. Но здесь, в этой схеме, мы хотим всего лишь подчеркнуть, что перед нами фактически формализованная иерархия генетически связанных объектов и онтология перехода от высших и сложных до низших и простых, неструктурированных объектов любого рода, включая физические. Высшие порождены слиянием и взамодействием объектов в рамках скоплений низших по уровню организации объектов. Условиями порождения высших будут рефлексия объектов, их взамодействия (отношения вообще), изменения (нестабильность, неустойчивость и стабильность, устойчивость как фазы качества существования целого), наличие многоаспектного разнообразия качеств (свойств) и отношений. Согласно современной специальной «теории технологий», время инерционного развития или эволюции сложных систем равно корню квадратному из времени инерционного развития их центрального элемента, который при этом рассматривается изолированно в качестве простой системы.

Исходя из сказанного, можно прояснить уже отмеченную мысль Берталанфи — «системы повсюду» — следующим образом. Мы можем описание низших объектов вывести и построить исходя из свойств и состояний высших, прибегая при этом к методу редукции. Говоря конкретнее, в онтологии мира во главу угла можно поставить описание систем, точнее даже, именно сложных саморганизующихся иерархизированных систем, обладающих адаптивностью, самодвижением, саморазвитием, оптимизируемостью. Известно, что подобными объектами-системами являются *бихевиоральные системы*. Такую методологию мы развили, например, в книге «Бихевиоральные системы».

Исследования сетей и сот в их отношении к системным

Обратим в первую очередь внимание на то, что в современной науке и практике все больше актуализируются как раз исследования создания, строения, функционирования, разрушения и регенерации сетей и сот самого разного происхождения (а также их анализ вообще). Формируются сетевое мышление, сетевые исследования, общая теория сетей и сот, наука о сетях (по-англ. Net Research, Theory, Science). Здесь речь идет о самых различных по природе объектах. Таковы, например, многообразные космологические, физические,

геологические, биологические, информационные и технические, управленческие, организационные, социальные, лигвистические, теоретические объекты, формации и образования. Существуют частные и прикладные теории сетей и сот вроде теории ячеистой структуры вселенной, кристаллография, теории пространственного и хронального размещения популяций в биологии и в демографии, ретикулярной формации (reticulum — по лат. «сеть») и нервных сетей в физиологии, информационных и транспортных сетей, другие теории. Посмотрим, как соотносятся друг с другом собственно сетевые и системные представления и понятия. Такое сравнение позволит, с нашей точки зрения, наглядно показать размытость и нечеткость полей исследований сетей и систем, но оно выявит возможности подверстать их к представлениям и моделям, характерным для ОТС, прибегая к общим формализованным описаниям и редуцированию определенных характеристических свойств, отношений и параметров высших типов систем по значению их величин и т. п.

На наш взгляд, сетевое мышление — это продолжение системного применительно к объектам такого типа, как сети и соты. Последние часто ошибочно именуют системами. И объективные основания для этого отождествления имеются, но их можно легко найти и в мире понятий и представлений наук о системах, хотя бы в известном определении системы по Дж. Клиру: «Система — это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих целостность или органическое единство»[5]. Разве сети и соты не есть целостности и органическое единство, разве они не состоят из элементов, связанных друг с другом отношениями? Между тем сети и соты имеют качественную специфику. Возникает вопрос, можно ли такие формации отнести к истинным системам? Разберем детальнее их сходство и различие.

В сетевом мышлении должны быть заложены определенные принципиальные объективные (онтологические) и теоретико-познавательные установки и принципы. Все они делятся на две группы: а) фиксирующие сходство онтологии и описания тех и других; б) фиксирующие различие.

Признаки, фиксирующие сходство.

1) Системы, сети и соты суть качественно специфические, эмерджентные, целостные объекты, которые сами состоят из элементов и отношений разного рода и разной степени сложности; иначе говоря, для всех выполняются в специфицированном виде общие прин-

ципы органической целостности, а также, что целое не равно сумме составляющих его частей, оно эмерджентно.

2) Общность сетей, сот и систем в том, что все они суверенны и самодостаточны лишь в рамках определенных внешних и внутренних условий, ограничений и возможностей разного рода.

3) Все они погружены в актуальную для их существования среду, которая по своей природе сама суть или/и хаос, или/и сингулярные объекты, сети, соты, системы разного рода. Среда — это все, что существует вне данного объекта, мир как таковой, но в ней можно выделить *актуальную среду* (т. е. реально взаимодействующую с объектом часть среды)[6].

4) Для всех минимальной ячейкой будет связка двух объектов $\Leftarrow A \Leftrightarrow B \Rightarrow$, открытых среде.

5) Имеются общие, одинаковые механизмы порождения разбираемых объектов. По А.А. Богданову, — это, во-первых, разъединение прежней целостности на части и, во-вторых, слияние, соединение двух ранее независимых объектов.

6) Сети и соты, подобно истинным системам, спатиальны (т. е. пространственны) и хрональны, а их субстрат образуют объекты — элементы различной природы (однородные и неоднородные), генетически, структурно-организационно и функционально связанные отношениями разного рода.

7) В пространственном, временном, организационном (структурном) и субстратном смыслах *соты суть сети*, но специфического регулярного и симметрийного типа, каковы частицы, атомы, молекулы, кристаллы, ткани организмов, сообщества разного рода, включая популяции, организованная информация, язык и мышление, структурно — планеты и их системы, галактики, вселенная, что в целом сближает соты с истинными системами.

Признаки, фиксирующие различия

8) Различные трансформации и мутации, исчезновение и разрушение элементов (и отношений) сетей и сот, частичное разрушение их целостности в направлении к частным и локальным агрегациям и к хаосу не ведет в значительных, хотя и определенных пределах к уничтожению этих целостностей: популяции, например, в принципе бессмертны, а организмы (т. е. истинные системы) — смертны.

9) Сети и соты не имеют ограничений в пространственном и временном смысле, т. е. они могут быть как локализованными, так и бесконечно большими, что не характерно для истинных систем.

10) Различия между хаосом, агрегациями, сетями, сотами и настоящими системами относительны, и поэтому они могут описываться диалектически категориями: связное и бессвязное, изменчивое (динамическое) и косное (консервативное), относительное и абсолютное, определенное и неопределенное, устойчивое и неустойчивое, четкое и нечеткое, стабильное и нестабильное, другими категориями.

11) Генетическая (и обратимая) схема отношений порождения и органичной эволюции разбираемых объектов выглядит как последовательность *хаос — сингулярности (и поля) — агрегации — сети — соты — системы.*

12) Сети и соты отличает от истинных систем одноуровневость и неиерархичность.

13) Все они способны к росту, но лишь системы в рамках собственного существования в рамках сетевых структур, например, за счет взаимодействия со средой, ее условиями и ресурсами, а также и друг с другом (например, в колониях, в экогеосистемах, в симбиозах, сообществах, во времени — в наследственности), способны к совершенствованию, оптимизации, эволюции и развитию.

14) Сети и соты, по данным синергетики, при благоприятных условиях и достаточных ресурсах легко самоорганизуются из хаоса, реструктурируются и регенерируют в основном линейным образом, как бы повторяя самих себя, развертываясь, в принципе, во времени и пространстве до бесконечности. Настоящие системы, напротив, в своем развитии принципиально ограничены, лимитированы, *развертывая свое бесконечное устремление в основном вглубь*, а не вширь, а именно в формах *многообразия* своих свойств, своей организации, структур и функций, локализуясь не только в пространстве и времени, но и в форме цикличности своей способности к жизни и к жизнедеятельности. В итоге они завершают свой цикл жизни фатальной гибелью, распадом, катастрофой и т. п.

15) В отличие от истинных систем изучение частей для понимания целого в сетях и сотах и управление частями сетей и сот для какого-либо действия (функционирования) этого целого в изоляции от последнего может дать лишь ограниченную пользу[7].

16) Сетевое мышление в отличие от системного в силу своей ограниченности и линейности не дает представления о всей совокупности последствий от действий разного рода. Это относится к познанию, операциям над объектами, управлению и др.

17) Если исследователь или оператор, активный агент, сам не является частью иерархизированной системы, а только лишь какой-либо сети, то его собственное состояние и действия оказывают непосредственное влияние на сеть или соты. В сложных системах это состояние или действия могут блокироваться или демпфироваться уровнями строения, иерархичностью системы.

Сравнение можно при желании продолжить и углубить. Но важнее в контексте нашей статьи то, что теоретическое описание сетей и сот (их моделей) можно получить из формализованных описаний подлинных систем, включая сложные, методами редукции значений параметров, характеристических свойств и отношений. Образцом возможностей такого редуцирования будет, к примеру, выведение описаний, законов и моделей статики из кинематики и динамики в рамках классической механики. Механизмы такой редукции и соответствующие результаты в виде теоретических описаний различных все более простых систем из абстрактного обобщенного описания (модели) сложной системы нами были показаны[8]. Разумеется, в целом эти вопросы нуждаются в дальнейшей самостоятельной проработке и углубленном анализе. Здесь они указаны всего лишь в качестве основы для преодоления ограниченности и узости описания и объяснения таких объектов, каковы сетевые и сотовые формации разного рода.

О понятии «системософия»

На наш взгляд, термином, охватывающим все перечисленные направления системного анализа и исследований, а также сетевого анализа, может быть «системософия». Э. Ласло обозначил все это предметное поле как «системизм»[9]. Но термином «системизм» удобнее (и точнее) было бы обозначать системный стиль мышления и системный подход в науке. Конечно, более точным было бы все, что мы уже перечисляли, обозначить термином «системология» (в деканатах по наивности так и делают), однако этот термин был уже занят, начиная с работ Д. Боулдинга, М. Месаровича и др., у нас — Б. Флейшмана и др., для обозначения математизированной ветви ОТС. Непосредственно прикладное направление стали называть «системотехникой». Термин же «системософия», на наш взгляд, отвечает требованиям адекватного отображения предмета и сути всех системных исследований и подходов, включая сети и соты. Он исторически укоре-

нен в науке через свои части. Так, элемент его «-софия» включен в некоторые термины для обозначения наиболее общих по масштабу учений, таких, как философия, теософия, а в христианском богословии — софиелогия и др.

Мы предлагаем нормировать понятие «системософия» как науку и как термин для учебного предмета в вузах, чтобы прекратить путаницу и в головах, и в программах работы занимающихся системными проблемами, как ученых, преподавателей и администраций вузов, так и изучающих эти проблемы студентов и аспирантов. Соответственно исчезла бы путаница в библиографиях и в каталогах, в издательских проспектах, в информации насчет системных исследований. Читателям все это легче было бы найти в библиотеках и в Интернете (там тоже путаница). Читатель тогда без труда понимал бы, что *системософия — это вся в совокупности премудрость о системах, сетях и сотах любого рода.*

Мы сами остро почувствовали необходимость в термине «системософия», работая над теорией бихевиоральных систем (бихевиористикой) и их оптимизации (оптимологией). Надеемся, что «системщики», или, лучше, — «системософы», когда отмечается 100-летний юбилей Берталанфи и подводятся итоги системных исследований прошедшего века, поддержат наше предложение.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Разумовский О.С.* Бихевиоральные системы. Новосибирск, 1993.

[2] *Моисеев Н.Н.* Тектология Богданова — современные перспективы // Вопросы философии. 1995. № 8.

[3] *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. М., 1974.

[4] Там же.

[5] *Клир Дж.* Системология. Автоматизация решения системных задач. М., 1990. С. 14.

[6] *Разумовский О.С.* Оптимология. 4.1. Общенаучные и философско-методологические основы. Новосибирск, 1999. С. 193–194.

[7] Здесь и ниже см.: *Sattler R.* Biophilosophy: analytic and Holistic perspectives. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1986.

[8] *Разумовский О.С.* Закономерности оптимизации в науке и практике. Новосибирск, 1990.

[9] *Ласло Э.* Основания трансдисциплинарной единой теории // Вопросы философии. 1997. № 3.

А.П. Левич

ЭНТРОПИЙНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ*

Все реальные системы при формальном описании эксплицируются структурированными множествами, поэтому применение субституционной конструкции времени требует научиться подсчитывать количество замененных элементов во множествах со структурой.

Количество элементов структурированных множеств

Категории вместо множеств. Применение математического формализма в теоретическом знании начинается с подбора в качестве элементарного объекта теории определенным образом структурированного множества. Например, экологическое сообщество из особей различных видов удобно описывать структурой множества с разбиениями, где классы соответствуют слагающим сообщество популяциям. Понятие близости—удаленности точек в эмпирическом пространстве описывается топологической математической структурой. Совокупность состояний атома можно описать векторами бесконечномерного гильбертова пространства или равносильным образом — полем бесконечных матриц.

В математике создан язык для описания произвольных структурированных множеств — теория категорий и функторов. Элементарным конструктом теории категорий является не «застывшее» состояние естественного объекта (каким предстает объект в теории множеств), а преобразование, «движение» объекта, на языке теории категорий — морфизм. Категория — понятие более общее, чем множество: только некоторые из категорий при определенных условиях становятся совокупностями множеств.

Мощности вместо количеств. Последовательное изложение представлений о кардинальной структуре множеств и возможных ее обобщениях содержится в книге, специально посвященной естественно-

научным приложениям теории категорий[1], там же доказываются все утверждения, на которые опирается дальнейшее, по возможности неформализованное, изложение.

Есть два способа сравнить количество элементов в множествах. Пусть нам, к примеру, необходимо выяснить, хватит ли стульев для оказавшейся в комнате группы людей. Можно подсчитать отдельно количество стульев, отдельно — количество людей и сравнить два получившихся числа. Можно же попросить, чтобы каждый человек сел на один стул. После того как все люди усядутся, мы, не зная ни количества стульев в комнате, ни количества людей, тем не менее точно сможем сказать, какое из этих количеств больше: в зависимости от того, останутся ли свободными стулья или — стоящими люди. В математике такой способ сравнения множеств называется установлением соответствия (отображения) между множествами. Второй способ сравнения количеств фундаментальнее первого: конструкция числа элементов строится на основе установления соответствий между множествами.

Будем задавать соответствие между элементами множеств стрелками. Если из каждого элемента множества **A** выходит единственная стрелка и к элементам множества **B** приходит не более чем одна стрелка (рис. 1), то такое соответствие из **A** в **B** называется инъекцией. Когда существует инъекция из **A** в **B** (на каждом стуле сидит один человек и никто не занял несколько стульев сразу), мы говорим, что количество элементов в множестве **A** меньше или равно количеству элементов в множестве **B**. Если существует инъекция как из **A** в **B**, так и из **B** в **A**, то количество элементов в этих множествах одинаково. Поскольку с помощью соответствий можно сравнивать не только конечные, но и бесконечные множества, вместо термина «одинаковое количество элементов» используют термин «равномощность» и термин «мощность» — вместо понятия «количество элементов». Натуральные числа — мощности конечных множеств — становятся названиями соответствующих классов равномощных друг другу совокупностей.

Сила структур. Приведу примеры структурированных множеств.

1) Множества с разбиениями. Указываются признаки элементов множества, по которым их следует считать эквивалентными. Группы эквивалентных элементов образуют непересекающиеся классы, на которые разбивается исходное множество. Сообщество живых организмов, принадлежащих одному местообитанию, например все

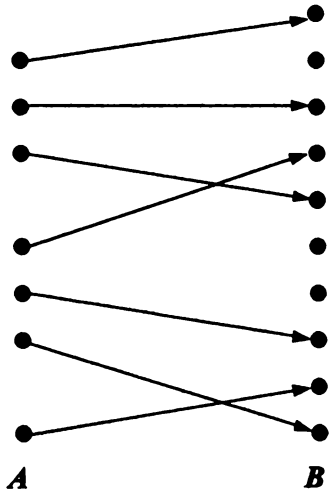


Рис. 1. Инъекция из множества **A** в множество **B**.

особи пруда, по целому набору признаков разделяются на популяции организмов, принадлежащих одному биологическому виду.

Множество натуральных чисел разбивается на классы чисел, дающих при делении, например, на 3, одинаковый остаток: $N = k_0 \cup k_1 \cup k_2$, где $k_0 = \{3, 6, 9, 12, ...\}$, $k_1 = \{1, 4, 7, 10, ...\}$ и $k_2 = \{2, 5, 8, 11, ...\}$.

2) Множество с законами композиции. Для любых двух элементов a и b этого множества определен третий элемент c, называемый их композицией.

В множестве целых чисел для двух любых элементов определен третий — их сумма.

В алгебре логики с двузначным пространством истинности {истина (и), ложь (л)} определен ряд логических операций (законов композиции). Например,

конъюнкция:

^	И	Л
И	И	Л
Л	Л	Л

или дизъюнкция:

V	И	Л
И	И	И
Л	И	Л

3) Метрические пространства. Для любых двух элементов a и b определено число S(a, b) такое, что S(a, a) = 0, S(a, b) = S(b, a) и S(a, c) ⩽ S(a, b) + S(b,c).

Для точек a и b в трехмерном евклидовом пространстве определено

$$S(\overset{1}{a}, \overset{1}{b}) = \sqrt{(a_x - b_x)^2 + (a_y - b_y)^2 + (a_z - b_z)^2}$$

Для структурированных множеств из всех возможных соответствий выделены те, которые сохраняют структуру множества. Эти соответствия называют морфизмами структуры.

Для экологического сообщества морфизмами, сохраняющими разбиение на виды, будут преобразования, состоящие в рождении или смерти особей. При этих преобразованиях биологический вид переходит в себя.

Для произвольных множеств с разбиениями по определению морфизмами служат соответствия, не перемешивающие классы эквивалентных элементов. Так, для отношения делимости чисел морфизмом будет числовая функция, заключающаяся в умножении на любое натуральное число y = nx (например, если x_1 и x_2 имели одинаковый остаток при делении на 3, то соответствующие y_1 и y_2 будут также иметь одинаковый остаток).

Для закона сложения целых чисел морфизмом будет, например, преобразование, состоящее в замене знака числа y ⇒ –x: a + b = c ⇒ –a + (–b) = –c.

Одним из морфизмов метрической структуры является преобразование вращения в пространстве — вращения сохраняют метрику пространства.

Количественное сравнение между собой неструктурированных множеств легко обобщить на множества, обладающие одинаковыми структурами. Структура множества **A** считается слабее структуры множества **B**, если существует инъективный морфизм структуры из **A** в **B**. Например, разбиение множества **A** на рис. 2 оказывается слабее разбиения множества **B**.

Так же как сравнение с помощью инъекций неструктурированных множеств порождает понятие количества элементов во множестве (натуральные числа, мощности), так и сравнение структурированных

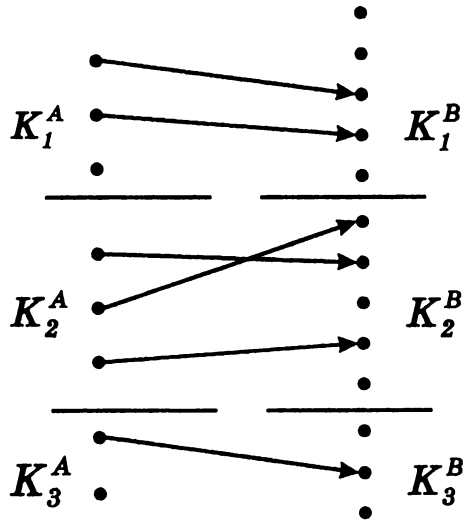


Рис. 2. Существование инъективного морфизма структуры множеств с разбиениями означает, что структура множества **A** слабее, чем структура множества **B**.

множеств с помощью морфизмов порождает структурные числа структурированных множеств. По количеству элементов мы можем сравнивать любые множества, так как для любых двух множеств выполняется принцип трихотомии: количество элементов в **A** меньше, чем в **B**; или количество элементов в **A** больше, чем в **B**; или количество элементов в **A** равно количеству элементов в **B**. Другими словами, всегда существует инъекция или из **A** в **B**, или из **B** в **A**, или и та и другая. По структурным числам структурированные множества упорядочены лишь частично — существуют пары структурированных множеств, для которых ни прямой, ни обратной инъекций, сохраняющих структуру, не существует. На рис. 3 приведен пример множеств с разбиениями, между которыми нет инъективных морфизмов. Так что если структурные числа положить в основу параметризации изменчивости, то получающееся таким образом время будет выглядеть экзотически: его моменты упорядочены не линейно, а лишь частично.

Функторное сравнение структур. Частичная упорядоченность структурных чисел и возникающая порой техническая трудность обнаружения инъективных морфизмов для некоторых структур застав-

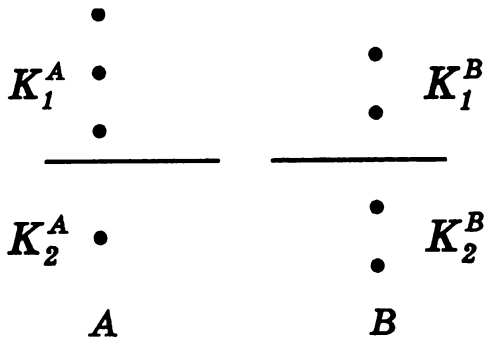


Рис. 3. Не существует инъективного морфизма структуры множеств с разбиениями между **A** и **B**.

ляют продолжить поиск путей количественного сравнения структурированных множеств. Путь, на котором поиск мог бы оказаться удачным, хорошо разработан в математике. Речь идет о представлении одних математических структур другими математическими структурами. Свойства вращения геометрического пространства можно эффективно изучать с помощью умножения определенных матриц. Вся теория меры, в частности измерение длин, площадей и объемов в геометрии есть пример количественной параметризации, основанной на представлении геометрических структур в числовые структуры анализа.

Равносильные математические описания нередки в физике: состояния атома в квантовой механике могут описываться векторами бесконечномерного гильбертова пространства (подход Шредингера) и бесконечными матрицами (подход Гейзенберга).

Поскольку в интересующем нас аспекте при количественном сравнении одинаково структурированных множеств нам приходится иметь дело не только с самими структурированными множествами, но и в большой степени с морфизмами их структуры, дальнейшее изложение удобно вести на языке математической теории категорий, который специально предназначен для изучения совокупностей, куда на равных правах входят структурированные множества и их морфизмы.

Категория включает класс объектов и множества морфизмов, заданных для некоторых (или всех) пар объектов. Для морфизмов за-

даны закон композиции и ряд аксиом, делающие их похожими на математические соответствия между множествами. Наиболее наглядные примеры категорий — это совокупности всех одинаково структурированных множеств:

— в категории упорядоченных множеств, где объекты — множества с отношением порядка, морфизмами служат монотонные (возрастающие и убывающие) соответствия между множествами;

— в категории групп морфизмы между объектами категории — группами — есть соответствия, сохраняющие закон композиции и единичные элементы групп;

— в категории топологических пространств, где объекты — множества, для элементов которых задано отношение близости, морфизмы есть непрерывные соответствия, переводящие близкие элементы одного топологического пространства в близкие элементы другого пространства;

— среди всевозможных категорий присутствует и категория всех множеств, объекты категории — множества, морфизмы — соответствия между множествами.

Функтор — это отображение одной категории в другую, при котором объекты переходят в объекты, морфизмы — в морфизмы и обязательно сохраняется композиция морфизмов. Функторы оказываются представлением структур одной категории структурами другой.

Выделенные морфизмы категорий порождают упорядочение ее объектов. Так, в предыдущих абзацах мы сравнивали структурированные множества с помощью инъективных морфизмов. Если функторное представление монотонно относительно упорядочения в категориях («структура объекта A сильнее структуры объекта B в категории S_1» влечет «структура объекта F(A) сильнее структуры объекта F(B) в категории S_2», где F — функтор из S_1 в S_2), то предъявление монотонного функтора составляет функторный метод сравнения структур: об упорядочении объектов A и B в какой-либо категории со сложной и непривычной структурой можно судить по упорядочению их образов F(A) и F(B) в категории с простой или хорошо изученной структурой объектов (в цитированной выше книге приведены достаточные условия монотонности функтора).

Инварианты структур. Функтор из произвольной категории структурированных множеств в категорию неструктурированных множеств, сопоставляющий объекту A множество всех морфизмов Hom(X, A) из фиксированного объекта X в объект A, оказывается мо-

нотонным при упорядочении структурированных множеств инъекциями. Таким образом, если структура объекта А сильнее структуры объекта В, то количество сохраняющих структуру преобразований произвольного объекта Х в объект А больше, чем количество таких же преобразований из объекта Х в объект В. Если структуры объектов А и В одинаковы, то количества преобразований в множествах Hom(X, A) и Hom(X, B) равны. Поэтому число преобразований в множестве Hom(X, A) удобно назвать инвариантом структуры объекта А относительно объекта Х и обозначить $I^X(A)$.

Заметим, что если $I^{X_j}(A)$ есть инварианты объекта А для нескольких Х, то и сумма $\Sigma I^{X_j}(A)$ обладает свойствами инварианта.

Если структурированные объекты сравнимы, то их инварианты упорядочены так же, как объекты. Однако мы знаем, что структурированные множества могут оказаться несравнимыми. В этом случае может быть полезным принцип продолжения упорядочения структур по упорядочению их инвариантов: структура объекта А полагается сильнее (относительно объекта Х) структуры объекта В, если $I^X(A) \geq I^X(B)$.

Функторное сравнение структур можно рассматривать как дальнейшее обобщение понятия количества: от количества элементов бесструктурных множеств (задаваемого сравнением множеств с помощью инъекций) через структурные числа структурированных множеств (задаваемые сравнением множеств с помощью инъективных морфизмов структур) к числовым инвариантам структур. По-видимому, приведенные конструкции не единственный путь обобщения представлений о количестве[2]. Возможен путь поиска иных функторов в категорию множеств или выбор иной параметризирующей категории вместо категории множеств, или выбор вместо инъекций других специальных морфизмов для сравнения объектов в исходной категории (и соответственно — иного функтора в параметризирующую категорию) и т. д.

Приведу пример сравнения структур с помощью инвариантов. Рассмотрим структуру множеств с разбиениями. Допустимыми служат морфизмы, переводящие каждый класс разбиения одного множества целиком в определенный единственный класс другого множества. Если K_j^X — класс i разбиения множества Х, — класс разбиения множества А, в который переходит класс i, то общее количество морфизмов есть

$$I^X(A) = \prod_i I^{K_i^X}\left(K^{\Lambda}_{t(i)}\right)$$

Если морфизмы — отображения и в классе K_i содержится n_i элементов, то

$$I^X(A) = \prod_i n^{n_i}_{t(i)}.$$

Если допустимыми являются не отображения класса в класс, а какие-либо произвольные соответствия из класса в класс, то формула инварианта сохраняет вид произведения по классам с измененными сомножителями. Приведу формулы для сомножителей при всех возможных комбинациях канонических свойств соответствий (табл.1).

Замечу, что инварианты многих (а может быть, и произвольных) математических структур выражаются через ассоциированные с этими структурами разбиения, поэтому их инварианты имеют характерный вид произведения инвариантов отдельных классов разбиения. Это замечание пригодится при обсуждении способов расчета энтропии систем.

Категорное описание систем

Пусть для описания естественной системы выбрана определенная математическая структура, пусть также из содержательных соображений известны допустимые структурой системы преобразования. Рассмотрим категорию Q структурированных множеств, где математическая структура, заданная на множествах, эксплицирует свойства системы.

Станем отождествлять состояния системы с объектами категории, а преобразования состояний друг в друга — с ее морфизмами. На языке методологии теоретического описания естественных систем элементарный объект теории теперь есть структурированное множество; изменчивость системы — морфизмы категории, преобразующие одни объекты в другие; пространство состояний — совокупность объектов категории Q.

$I^X(A)=2^{xa}$	$I^X_{fs}(A)=\sum_{k=0}^{x}\binom{x}{k}I^A_{pfs}(C^k)$
$I^X_p(A)=(2^a-1)^x$	$I^X_{fi}(A)=\sum_{k=0}^{a}\binom{a}{k}\binom{x}{k}k!$
$I^X_f(A)=(a+1)^x$	$I^X_{si}(A)=x^a$
$I^X_s(A)=(2^x-1)^a$	$I^X_{pfs}(A)=\sum_{k=0}^{a}\binom{a}{k}(-1)^k(a-k)^x$
$I^X_i(A)=(x+1)^a$	$I^X_{pfi}(A)=\frac{a!}{(a-x)!}$
$I^X_{pf}(A)=a^x$	$I^X_{fsi}(A)=\frac{x!}{(x-a)!}$
$I^X_{ps}(A)=\sum_{P_A\in T_A}I^X_{pfs}(P_A)$, где T_A — множество всевозможных покрытий множества A	$I^X_{psi}(A)=\sum_{k=0}^{x}\binom{x}{k}(-1)^k(x-k)^a$
$I^X_{pi}(A)=\sum_{k=0}^{a}\binom{a}{k}I^x_{pfs}(C^k)$	$I^X_{psi}(A)=x!$

Таблица 1

Количество соответствий из множества X (с количеством элементов x) в множество A (с количеством элементов a). C^k означает множество C с количеством элементов в нем k. Нижние индексы означают, что подсчитывается количество соответствий, обладающих теми свойствами, обозначения которых вошли в индексы:

p — всюду определенные соответствия;

f — функциональные соответствия;

i — инъективные соответствия;

s — сюръективные соответствия.

Замечу, что теоретико-категорное описание систем не требует обязательной экспликации естественной системы математической структурой. Возможно «качественное» категорное описание систем, т. е. перечисление и описание состояний системы, а также всех переходов между состояниями (морфизмов) не на математическом, а на каком-либо внутридисциплинарном языке.

Для формулировки полной динамической теории осталось задать ее T и L компоненты — способ параметризации изменчивости и закон изменчивости.

Энтропия систем. Введу энтропию состояния A относительно состояния X через инварианты структурированных множеств следующим образом:

$$H^X(A) = \log \frac{I^X_{\tilde{Q}}(A)}{I^X_Q(A)}. \quad (1)$$

(1)

Здесь Q — категория структурированных множеств, $\tilde{Q}$ — категория множеств со «стертой структурой». X маркирует состояния системы, принадлежащие определенному ее макросостоянию (понятие макросостояния вводится в последующих абзацах). Энтропия всего макросостояния определяется надлежащим суммированием по всем X.

Формулу (1) для энтропии можно интерпретировать как меру структурированности состояния A, т. е. меру отклонения структуры состояния A от его бесструктурного аналога.

Эта формула обобщает традиционные подходы к введению энтропии в статистической физике. Обычно энтропия систем определяется как логарифм удельного числа различающихся микросостояний системы, соответствующих ее заданному макросостоянию. Буду интерпретировать макросостояние как класс состояний, между которыми допустимы переходы с точки зрения каких-либо содержательных соображений, например, в силу сохранения макропараметров системы (энергии, числа частиц...), а микросостояние как результат произвольного преобразования системы.

Таким образом, чтобы вычислить энтропию системы, нужно подсчитать количество ее преобразований-морфизмов. Это количество морфизмов зависит как от структуры системы, так и от количества

элементов в ней. Множитель введен, чтобы нормировать энтропию на один элемент системы или ввести удельный инвариант структуры.

«Энтропиевидные» функции состояния систем, появившись в термодинамике, через статистическую физику, теорию информации и кибернетику проникли в количественные методы широкого круга наук. Успешность применения понятия энтропии полностью определяется возможностями расчета энтропии в интересующих исследователя случаях. Чисто термодинамические подходы к расчету энтропии систем крайне ограничены: «...Формулировка второго начала с точки зрения современного физика представляет собой скорее программу, чем утверждение, допускающее однозначную интерпретацию, так как ни Томпсон, ни Клаузиус не указали точный рецепт, позволяющий выразить изменение энтропии через наблюдаемые величины»[3]. И только больцмановская интерпретация энтропии через число способов достижения системой макросостояния дает конструктивные алгоритмы расчетов. Интерпретация энтропии через количество морфизмов предоставляет дальнейшие возможности для расчетов.

Как уже говорилось, инварианты многих (если не всех) математических структур выражаются через инварианты ассоциированных со структурами разбиений. Инварианты множеств с разбиениями мультипликативны относительно инвариантов каждого из классов разбиения, поэтому логарифмы инвариантов, входящие в энтропию, аддитивны и имеют характерный «энтропиеобразный» вид сумм по классам разбиения.

Формулы для энтропии получаются вне каких-либо статистических предпосылок. Например, если допустимые морфизмы есть отображения, то формула

$$H^X(A) = \log \frac{n_A^{n_x}}{\prod_{i=1}^{W} n_{iA}^{n_{ix}}} = n_x \left(-\sum_{i=1}^{W} \frac{n_{iX}}{n_X} \log \frac{n_{iA}}{n_A} \right),$$

где $n_x = \sum_{i=1}^{W} n_{ix}$ и $n_A = \sum_{i=1}^{W} n_{iA}$ справедливы при любых, пусть самых малых, n. Вводя $p_i = n_i/n$ и представляя набор величин как функцию распределения для состояния A, можно формулу для энтропии интерпретировать как обобщение H-функции Больцмана

$$B = \sum_k p(k,t) \ln \frac{p(k,t)}{p_{равнов.}(k)},$$

которая[4] служит мерой отклонения вероятностей состояния системы в момент t от вероятностей равновесного состояния.

Заметим, что приведенные в настоящем разделе в качестве примеров формулы энтропии (так же как и обобщающие энтропию формулы инвариантов в табл.1) относятся к простейшим двухуровневым системам. В задачах, где оказывается существенным большее количество иерархических уровней системы, возникает необходимость расчета инвариантов для иерархических структур.

Экстремальный принцип как закон изменчивости

Уравнение движения в естествознании — это обычно постулат, обобщающий опыт математического описания определенного фрагмента реальности и изобретенный гением, чье имя становится именем уравнения. Существует и иной путь получения уравнений: постулат-уравнение заменяется постулатом-функционалом. Речь идет об экстремальных принципах естествознания, согласно которым в реальности осуществляются те состояния системы, для которых экстремальна определенная числовая функция (функционал), аргумент которой — нужные исследователю траектории движения системы.

Если известно уравнение движения, то по нему можно установить вид функционала, экстремалью которого будет решение исходного уравнения. И наоборот, если функционал задан, то вариационный метод поиска его экстремумов приводит к уравнениям движения. Так что построение динамики на основе постулатов-уравнений или постулатов-функционалов приводит к одинаковым результатам. Однако экстремальный принцип обладает большей эвристической и обобщающей силой. Почему камень, брошенный под углом к горизонту, движется по параболе? Объясняя явление, можно указать на уравнение равнопеременного движения $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t + (1/2)\vec{a}t^2$ Само это уравнение составляет следствие второго закона Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$ для тела, движущегося под действием постоянной силы (впрочем, парабола может быть представлена геодезической линией — решением уравнений Эйнштейна общей теории относительности для движения в сильных

полях и с высокими скоростями). Закон Ньютона и уравнения Эйнштейна могут быть выведены из принципа наименьшего действия с определенной формой экстремизируемого лагранжиана, т. е. существует несколько уровней объяснения явлений, каждый из которых может служить исходным постулатом. Однако уравнение равнопеременного движения относится лишь к узкому классу явлений, второй закон Ньютона описывает все движения в несильных полях и с невысокими скоростями, уравнения Эйнштейна уже не связаны и с этими ограничениями, а принцип наименьшего действия применим ко всем формам механического и электромагнитного движений.

Для естественных систем, описываемых математическими структурами, предлагается экстремальный принцип в следующей форме: *из заданного состояния X системы осуществляется переход в то состояние A, для которого энтропия* $H^X(A)$ *максимальна в пределах, допускаемых ограничениями на функционирование системы* (например, доступной энергией или другими ресурсами).

Таким образом, на языке категорного описания систем возникает *L*-компонент теории.

В обсуждаемом контексте энтропия — не исходное и неопределяемое понятие, а точная конструкция. Это позволяет предложить для экстремального принципа дополнительные варианты интерпретаций.

1. По определению энтропия $H^X(A)$ рассматривается как мера удаленности структурированного состояния A из категории Q от своего аналога из категории со «стертой» структурой. И согласно экстремальному принципу осуществляются состояния, которые сильнее других удалены от своего полностью бесструктурного прообраза (максимально структурированы).

2. В формуле энтропии знаменатель $I_Q(A)$ есть инвариант структурированного множества A. Неравенство $I_Q^X(A) < I_Q^X(B)$ означает, что структура множества A слабее (по отношению к объекту X) структуры множества B в смысле отношения порядка «сила структур». Пусть для состояний системы A и B числители в формуле энтропии одинаковы, т. е. состояния A и B являются различными реализациями некоторой структуры на одинаковых по мощности базовых множествах, например, различными разбиениями одного и того же множества или группами, равномощными как множества. Тогда максимум энтропии и реальное состояние соответствуют минимальному (по «силе структур») состоянию системы. Таким образом, энтропия играет ту же роль, что и инварианты математических структур, упорядочивая са-

ми структуры и описываемые математическими структурами состояния естественных систем.

3. На примере энтропии структуры множеств с разбиениями (морфизмы — биекции) видно, что энтропия

$$H = \log \frac{n!}{\prod_i n_i!}$$

максимальна при одновременном выполнении двух условий: количество элементов системы (числитель) максимально, но число всех сохраняющих структуру преобразований (знаменатель) минимально. Малый набор допустимых структурой системы преобразований можно трактовать как высокую устойчивость состояния, и экстремальный принцип реализует как максимум экспансии элементов системы, так и максимально устойчивое ее состояние.

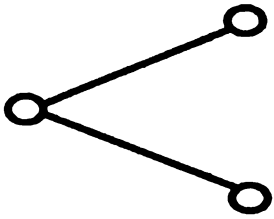
4. Заметим, что без дополнительных ограничений требование наибольшей экспансии, порождаемое экстремальным принципом, приводит к бесконечному увеличению числа элементов системы. Функционирование естественных систем всегда ограничено ресурсами (энергия, субстраты, пространство, информация и т. д.). Например, для субстратно-энергетических факторов эти ограничения формализуются в виде балансовых неравенств:

$$f_k(A) \le L^k, \qquad (2)$$

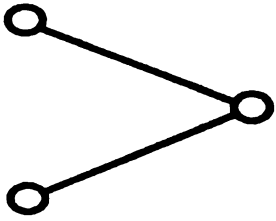
где $f_k(A)$ — некоторые функции состояния системы и L^k — потребляемые системой при экспансии различные ресурсы. Поэтому реальными состояниями системы являются решения задачи на условный экстремум.

Можно показать, что энтропийный экстремальный принцип с ограничениями (2) по ресурсным факторам равносилен принципу минимального потребления любого из лимитирующих динамику ресурсных факторов с ограничениями на наименьшую допустимую величину энтропийной характеристики системы.

5. Обе указанные выше вариационнные задачи равносильны задаче на безусловный экстремум (для функции Лагранжа, одинаковой для обеих задач). Например, задача {Энтропия H(A) — максимальна, f(A) E, где E — энергия системы} равносильна задаче на безусловный минимум для функционала F = –(H + dE), где d — множитель Лагранжа. Заметим, что в статистической физике для идеальных газов множитель Лагранжа оказывается обратно пропорциональным темпера-



Размножение организмов
Отсутствие функциональности соответствия



Поглощение одним организмом другого
Отсутствие инъективности соответствия

Смерть особи или ее элиминация из общества
Отсутствие всюду определенности соответствия

Интродукция особей в сообщество
Отсутствие сюръективности соответствия

Рис. 4. Допустимые преобразования особей в экологическом сообществе и их математическая интерпретация.

туре d = –1/T и справедливо F = (E — T H) 1/T. В такой ситуации экстремальный принцип трактуется как принцип минимума свободной энергии системы.

6. Энтропию системы, выраженную через инварианты соответствующих математических структур, можно рассматривать как количество информации, связанной со структурой системы, поэтому введенный экстремальный принцип можно интерпретировать и в информационных терминах.

Следует ли принцип экстремальности энтропии непременно интерпретировать лишь как возможность возрастания энтропии к максимуму? Г.Е. Михайловский выделяет мир существующего (мир Ла-

пласа) со стационарным значением энтропии, мир возникающего (мир Пригожина) с возрастающей в силу динамической неустойчивости энтропией вдоль реальных траекторий и мир развивающегося (мир действия принципа эквифинальности) с отрицательными приростами энтропии, относя существенно биологические и социальные системы только к миру эквифинальности[5].

Предложенный принцип осуществления экстремальной структуры систем безусловно открыт для дальнейших обобщений и новых интерпретаций.

Появление энтропии в предлагаемом контексте обладает рядом особенностей по сравнению с ситуациями, в которых она неоднократно возникала в различных областях естествознания:

— энтропии придается универсальная общенаучная роль функционала, порождающего законы изменчивости систем;

— энтропия приобретает смысл, аналогичный смыслу инвариантов математических структур — количественное представление, упорядочивающее состояния естественных систем, монотонное с упорядочением состояний при помощи гомоморфизмов систем; поскольку инварианты структур рассчитываются через количества допустимых преобразований, указанная трактовка энтропии оказывается обобщением больцмановского определения энтропии;

— энтропия однозначно рассматривается вне каких-либо вероятностных соображений. Величина ее зависит от эксплицирующей систему математической структуры и допустимых системой преобразований.

Пример: формула видовой структуры в экологии сообществ

Опишем экологическое сообщество структурой множеств с разбиениями: элементы множеств — это особи, классы разбиения — популяции биологических видов. Состояние сообщества — вектор $\acute{n} = \{n_1, n_2, ... n_w\}$, составляющие n_i которого есть численность каждого из w слагающих сообщество видов.

На рис. 4 представлены преобразования, происходящие с биологическими организмами, и их математическая интерпретация.

Конкретизируем модель для сообщества организмов одного трофического уровня, например, для фитопланктонного сообщества без интродукции клеток извне. Для фитопланктона отсутствует поглоще-

ние одних клеток другими и слияние особей, также виды ни генетически, ни трофически не взаимодействуют друг с другом. Поэтому допустимыми преобразованиями будут необязательно всюду определенные (смертность), необязательно функциональные (деление клеток), но сюръективные (отсутствие интродукции) и инъективные (отсутствие слияния клеток) соответствия каждого класса разбиения в себя же (отсутствие взаимодействия видов).

Заметим, что модель сообщества определяется не только эксплицирующей математической структурой (множества с разбиениями), но и допустимыми морфизмами. Выбор иных морфизмов при сохранении той же структуры порождает иную модель. Так, биекции в качестве морфизмов приводят к существованию состояний сообщества лишь с постоянными численностями видов. Выбор свойств допустимых морфизмов, как проиллюстрировано ниже, совершенно меняет характер распределения численностей видов. Поэтому рассматриваемая модель является содержательно теоретико-категорной, а не только лишь использующей язык этой теории.

Функционал, максимизация которого согласно экстремальному принципу определяет динамику сообщества, для выбранных допустимых морфизмов выглядит следующим образом:

$$H\left(\begin{matrix} r \\ n \end{matrix}\right) = \log \frac{n^n}{\prod_{i=1}^{w} n_i^{n_i}} = -\sum_{i=1}^{w} n_i \log n_i + n \log n \quad , (3)$$

где $n = \sum_{i=1}^{w} n_i$ — общая численность клеток в сообществе.

Заметим также, что здесь использована не локальная, а глобальная формулировка экстремального принципа: ищется финальное стационарное состояние системы, для которого экстремальна энтропия перехода лишь в самого себя, т. е.

$$H\left(\begin{matrix} 1 \\ n \end{matrix}\right) = H^A(A)$$

Сообщество функционирует за счет ресурсов среды, которые ограничивают беспредельную экспансию видов. Таким образом, реальное состояние сообщества, является экстремалью вариационной задачи

$$H\left(\begin{matrix} r \\ n \end{matrix}\right) = -\sum_{i=1}^{w} n_i \ln n_i + n \ln n - extr,$$

$$\sum_{i=1}^{w} n_i \overset{r}{q}_i \le \overset{r}{L}; \quad \sum_{i=1}^{w} n_i = n \qquad (4).$$

Здесь $\overset{r}{q}_i = \{q_i^1, q_i^2, \ldots, q_i^m\}$ и q_i^k — потребность вида i в ресурсе k, $L = \{L^1, L^2, .., L^m\}$ и L^k — количество ресурса k, имеющееся в среде.

Такая задача имеет решение

$$n_i = n \exp\{-\overset{l}{\lambda} \overset{r}{q}_i\} \qquad (5),$$

где $\overset{l}{\lambda} = \{\lambda^1, \lambda^2, \ldots \lambda^m\}$ — множители Лагранжа, отыскиваемые вместе с n из системы

$$\begin{cases} \sum e^{-\overset{r}{\lambda}\overset{r}{q}_i} = 1, \\ \lambda^k \left(n \sum_i q_i^k e^{-\overset{r}{\lambda}\overset{r}{q}_i} - L^k \right) = 0, \ k = \overline{1,m}, \\ \lambda^k \ge 0, k = \overline{1,m}, \end{cases} \qquad (6)$$

Заметим, что это решение единственно и обязательно существует (Левич и др., 1994).

Формула видовой структуры (5) позволяет адекватно описать эмпирические численности видов в экологических сообществах[6].

Анализ формулы (5) позволил сделать теоретический вывод (и подтвердить его экспериментальными исследованиями) о том, что относительная численность заданного вида принимает наибольшее значение при отношениях в среде ресурсных факторов, равных отношениям потребностей в них данного вида.

Для задачи (4) доказано «правило лимитирующего звена», обобщающее принцип минимума Либиха и закон совокупного действия. факторов Митчерлиха: пространство потребляемых факторов среды

распадается («стратифицируется») на $2^m - 1$ непересекающихся подмножеств, каждому из которых соответствует единственный набор потребляемых факторов, которые (и только они) в этом подмножестве:

а) потребляются полностью;

б) являются аргументами экстремали (5).

Проиллюстрируем возможности метода выбором иных допустимых преобразований. Пусть допустимы произвольные соответствия, т. е. кроме смертности и размножения допускаются интродукция особей и поглощение одних организмов другими. Решением вариационной задачи

$$H\left(\overset{r}{n}\right) = \log\frac{2^{n^2}}{\prod\limits_i 2^{n_i^2}} = n^2 - \sum_i n_i^2 - \mathrm{extr},$$

$$\sum_i n_i \overset{r}{q}_i \le \overset{l}{L}, \quad \sum_i n_i = n \tag{7}$$

будет экстремаль

$$n_i = n - \overset{l}{\lambda}\overset{r}{q}_i .$$

Заметим, что функционалы (4) и (7) применяются в экологии независимо от описываемого подхода и называются индексами разнообразия видовой структуры экологических сообществ[7]. Таким образом, экстремальность функционала **H**, порождающего динамику сообщества, можно интерпретировать и как требование максимального разнообразия системы, ограниченного доступными ресурсами среды.

Следует уточнить, о какой динамике идет речь: изменчивость численности n_i параметризуется количеством **L** потребленных сообществом субстратов. Действительно, численности n_i, зависят согласно (5) от множителей λ, которые согласно (6), как и полная численность n, являются функциями лишь потоков через сообщество ресурсов L^k, т. е. подразумевается динамика в субституционном времени системы.

Время субституционное, энтропийное и категорное

Субституционное время было определено как количество замененных в системе элементов. Энтропийное время связано с количеством преобразований системы. Поскольку (согласно принципу унификации изменчивости) преобразования системы и состоят в замене элементов, то на качественном уровне связь между метаболическим и энтропийным временами очевидна. Между ними существует и однозначная количественная связь. Проиллюстрируем ее на примере вариационной задачи (4) предшествующего раздела. Энтропия

$H\left(\overset{r}{n}\right) = -\sum_{i=1}^{w} n_i \ln n_i + n \ln n$ при $n_i = ne^{-\overset{1}{\lambda}\overset{r}{q}_i}$ с учетом $\sum_i n_i \overset{r}{q}_i \le \overset{1}{L}$ и

$\sum_i n_i = n$ переходит в $H\left(\overset{r}{L}\right) = \sum_{k=1}^{m} \lambda^k L^k$ где множители Лагранжа λ^k также зависят от L. Причем связь между энтропией и компонентами метаболического времени строго монотонна, поскольку можно показать, что $dH/dL^k \ge 0$.

Заметим, что если один из существенных для функционирования системы факторов L^k есть тепло ΔQ, то соответствующий множитель Лагранжа λ^k есть $1/T$, где T — абсолютная температура. Из этого следует, что термодинамическая энтропия $\Delta Q/T$ (как и больцмановская статистическая энтропия) есть частный случай категорного определения энтропии.

Формула $H = \sum_k \lambda^k L^k$ демонстрирует важный результат: энтропия представляет собой как бы «усреднитель» метаболических времен системы с несколькими сортами заменяющихся элементов. Множители Лагранжа играют роль собственных «метаболических частот» системы. Таким образом, энтропийная параметризация разрешает возникшую в метаболическом подходе проблему разносортности элементов в универсумах.

Энтропийная параметризация появилась в результате математического приема замены упорядочения структур систем упорядочением чисел. Поэтому можно сказать, что энтропийная параметризация изменчивости вторична по отношению к способу упорядочения систем при помощи гомоморфизмов. В рассмотренном выше форма-

лизме проводилось сравнение систем с помощью мономорфизмов (по аналогии с инъекциями для сравнения неструктурированных множеств). Вообще говоря, для сравнения структур вместо мономорфизмов в категории могут быть выбраны иные морфизмы. Кроме основного одноместного функтора, породившего энтропию, могут оказаться монотонными по отношению к упорядочению структур и другие функторы, а может оказаться, что таких функторов не существует вовсе. Таким образом, параметризация времени с помощью структурных чисел (назовем ее категорным временем) является более общей конструкцией, чем энтропийный способ. Правда, как уже отмечалось, структурные числа упорядочены лишь частично и вводимое ими время обладает тем самым довольно экзотическими свойствами.

Энтропийное (и вместе с ним метаболическое) время согласовано с упорядочением структур при помощи инъективных морфизмов (т. е. вложений). Поэтому, согласно экстремальному принципу, эволюция систем идет от подобъектов к объектам и от них — к надобъектам. Такую эволюцию можно назвать консервативной или казуальной: достигнутые состояния не пропадают (подобъект «сохраняется» в объекте) и новые состояния возникают не на пустом месте, а из своих «менее сильных» (в смысле упорядочения по «силе структур») предшественников.

Отказ от использования мономорфизмов в качестве упорядочивающих морфизмов при описании некоторой системы может привести к изменению и только что сформулированного принципа консервативной эволюции естественных систем. По-видимому, выбор упорядочивающих морфизмов — вопрос экспликации операциональных способов выяснения принадлежности элементов объектам. Естественно-научной интерпретацией конструкции упорядочивающих морфизмов может, по-видимому, служить понятие сигнала.

Теорема теории категорий, устанавливающая монотонность упорядочения структур и их энтропийных инвариантов фактически играет роль Н-теоремы Больцмана, доказывающей монотонность энтропии, но не в физическом, а в категорном времени[8]. Аналогична роль предъявленной выше монотонной связи энтропийного и метаболического времен.

Поскольку в процессе изменчивости системы интервал ее метаболического времени $\Delta t = \Delta m^+ + \Delta m^-$ строго возрастает, то вдоль траектории системы в пространстве состояний возрастает и энтропия си-

стемы. Это означает, что с помощью энтропии можно параметризовать изменчивость или задавать количественную меру изменения состояний системы. Таким образом возникает Т-компонент теоретико-категорного описания систем, или энтропийное время систем.

Как указывалось, для разработки динамической теории какого-либо фрагмента реальности необходимо решение конкретного ряда методологических проблем: построение элементарного объекта теории, перечисление допустимых состояний объектов и путей их изменчивости, конструирование способов параметризации изменчивости и, наконец, формулировка закона изменчивости, выделяющего реальное обобщенное движение объектов в пространстве состояний из всех возможных.

Изложенное позволяет предложить:

— в качестве элементарного объекта — иерархию структурированных множеств, не замкнутых относительно замены элементов на каких-либо уровнях иерархии;

— в качестве пространства состояний — категорию, объекты которой (элементарные объекты теории) интерпретируются как состояния изучаемой системы, а морфизмы — как способы изменчивости системы;

— в качестве часов — параметризацию изменчивости, которая задается энтропией состояний системы, рассчитываемой через значения основного одноместного функтора категорий. Энтропийная параметризация комонотонна с метаболической, задаваемой количеством замененных в системе элементов;

— в качестве закона изменчивости — принцип максимума энтропии при условиях, накладываемых ограниченностью доступных системе ресурсов.

Предложенный подход к описанию естественных систем, конечно, недостаточен для построения теории и представляет собой лишь некоторые основания для потенциальной исследовательской программы. Эта программа должна, в частности, включать возможность последовательного получения традиционных уравнений динамики в предметных областях, где такие уравнения уже известны, т. е. обеспечивать выполнение принципа соответствия. Получение уравнений мыслится как следствие принципа экстремальности энтропии в отличие от исследовательской программы И. Пригожина, в которой динамические уравнения считаются исходно заданными, и речь идет о дополнении их способами введения энтропии (как функции Ляпунова

динамических уравнений) и принципами отбора допустимых состояний на основе второго начала термодинамики.

ПРИМЕЧАНИЯ

* Работа поддержана Российским гуманитарным научным фондом (грант № 00-03 003 60а).

[1] *Левич А.П.* Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М., 1982.

[2] *Шаров А.А.* Понятия информации в теории категорий // Семиотика и информатика. Вып. 8. М., 1977.

[3] *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 1985. С. 93.

[4] Там же. С. 303.

[5] *Михайловский Г.Е.* Описание и оценка состояний планктонных сообществ. М., 1988.

[6] *Левич А.П., Алексеев В.Л., Никулин В.А.* Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообщества // Математическое моделирование. 1994. Т. 6, № 5; *Levich A.P.* Variational modeling theorems and algocoenoses functioning principles // Ecological modeling. 2000. V. 131.

[7] *Левич А.П.* Структура экологических сообществ. М., 1980.

[8] *Левич А.П.* Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М., 1982. С. 113.

А.П. Огурцов

ТЕКТОЛОГИЯ А.А. БОГДАНОВА И ИДЕЯ КОЭВОЛЮЦИИ

1. Что такое коэволюция? В словарях коэволюция определяется как эволюционное взаимодействие организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией, но тесно связанных друг с другом биологически. Термин «коэволюция» был введен *экологами*, для которых коэволюция — взаимное приспособление видов. Обратив внимание на различные типы взаимодействия видов (хищничество, паразитизм, комменсализм, конкуренцию), экологи сначала связали коэволюционное взаимодействие с мутуалистическими (взаимовыгодными) ассоциациями, примером которых может быть симбиоз. В симбиотических ассоциациях организм, будучи элементом одного микроуровня, становится элементом другого уровня — макроуровня, или биоценоза. В последующем экологи расширили область этого понятия и стали говорить о коэволюции как взаимоотношениях любых видов организмов с видами — ближайшими партнерами в биогеоценозе. Эти взаимоотношения включают в себя даже антагонистические, однако при них виды-партнеры оказываются взаимно необходимыми. Коэволюция обеспечивает условия взаимного существования и повышение устойчивости биоценоза.

Этологи сделали предметом анализа коэволюционные процессы, обратившись к изучению совместной эволюции коммуникативно-информационных систем (передающей и воспринимающей систем), к раскрытию корреляции между актами поведения одних особей и их влияния на акты поведения других особей, между сходными адаптациями (например, мимикрия). Поэтому вместо адаптации они стали говорить о коадаптации — взаимной адаптации двух видов.

В *генетике* начинают анализировать коэволюцию в геноме человека, т. е. в ансамбле генетических информационных структур разного ранга. В социобиологии (Е. Уилсон) вводится понятие «генно-культурной коэволюции», т. е. сложного взаимодействия, в котором культура порождена биологическими императивами, а биологические черты изменены генетической эволюцией в ответ на культурные новшества.

Итак, коэволюция — это вереница последовательно сменяющих друг друга, взаимно обусловленных, нерасторжимо согласованных изменений, которые могут происходить на разных ярусах организации живых систем.

2. Идея коэволюции становится парадигмой естественных и социальных наук на рубеже XX и XXI в. Это означает кардинальное изменение мировоззренческих и методологических образцов. Дело в том, что эволюция обычно связывалась с прогрессом, с восходящим развитием, в котором более высокая ступень в эволюции отрицает другую, более низко организованную. Идея коэволюции предполагает совместное развитие в рамках системы взаимодействия. Следует подчеркнуть, что это система взаимодействия субстратно разнородных компонентов. Такую систему лучше назвать комплексом, поскольку компоненты коэволюционного комплекса связаны не единством субстрата, а единством функций.

3. Какое отношение идея коэволюции имеет к тектологии? Казалось бы, никакого. Ведь биологи-эволюционисты не анализировали организационную сторону взаимодействия и до последнего времени оставляли в стороне связь коэволюции и самоорганизации. Лишь в последнее время благодаря работам Э. Янча и Ю.В. Чайковского в России начинает осознаваться связь коэволюции и самоорганизации. Конечно, коэволюция не тождественна самоорганизации, но без самоорганизации коэволюционные процессы понять невозможно. Самоорганизация имеет дело со структурами, состояниями системы, а коэволюция — с отношениями между системами, с корреляцией эволюционных изменений. Коэволюционный подход выделяет из своей совокупности изменений те, которые сопряжены, взаимно адаптированы друг с другом. Сопряженность эволюционных изменений выполняет двоякую функцию — сохранения целостности системы и участие в становлении новой целостности. При этом и самоорганизация, и эволюция трактуются по-новому, а именно: самоорганизация как динамическое равновесие, а эволюция как последовательность неравновесных состояний и их усложнение. Самоорганизация становится динамикой когерентных систем, т. е. систем обладающих согласованностью фаз движения, а эволюция — коэволюционным сопряжением изменений различных видов. В коэволюции решающую роль играет не борьба за существование, а взаимопомощь, согласованность, сотрудничество. Именно эти факторы в эволюции были выдвинуты в качестве центральных.

Эволюционистскому способу мысли и в биологии, и в социальных науках не хватало тектологического подхода, соединения с организационной мыслью, которая сделала предметом своего исследования формы и способы организации безотносительно к субстрату организации. Можно сказать, что, благодаря идее коэволюции, естествознание уже обратилось к анализу организации взаимодействия различных комплексов, претерпевающих взаимные изменения. Поэтому обращение к тектологии А.А. Богданова позволит, по моему мнению, существенно обогатить анализ коэволюционных изменений, восполнить идею коэволюции исследованием универсальных форм и способов организации, в том числе и организации коэволюционных изменений.

4. Конечно, в тектологии А.А. Богданова нет термина коэволюция, однако целый ряд идей, развиваемых им, не только выходит за границы узко прогрессистской трактовки эволюции, но и весьма близки идее коэволюции. Какие же это идеи?

4.1. Прежде всего отметим, что А.А. Богданов не приемлет отождествления эволюции с прогрессом. Отождествление эволюции с прогрессом означало бы, что организация сил природы преодолевается более высоким уровнем организации — организацией человеческих сил. Для Богданова же «природа — великий первый организатор; и сам человек — лишь одно из ее организованных произведений. Простейшая из живых клеток... по сложности и совершенству организации далеко не превосходит все, что удается организовать человеку. Он — ученик природы, и пока еще очень слабый»[1]. Более того. Говоря о прогрессивном подборе, Богданов связывает его не с прогрессом, а с прогрессией, т. е. с непрерывным рядом событий, идущих в ту или иную сторону. Хотя в его интерпретации социальных форм организации сохраняется убеждение в том, что рыночная экономика ниже по уровню своей организации социализированной экономики, и тем самым он сохраняет прогрессистский способ мысли в исследовании социальных форм организации, все же тектология — это одна из первых попыток отказаться от прогрессизма и анализа различных форм взаимодействия организованных комплектов.

4.2. Понятием тектологии Богданова является понятие «организационный комплекс», т. е. объединения не субстратного, а организационного и функционального. По его словам, «организация включает в себя одновременное координирование и взаимоприспособление элементов»[2]. Именно с такого рода комплексами имеет дело коэволюция. Проводя различия между организованными комплексами,

Богданов говорит об организованных, дезорганизованных и нейтральных комплексах. Фундаментальный принцип организованных комплексов — их холистичность, при которой целое больше своих частей. Для иллюстрации этого типа организованного комплекса Богданов обращается к симбиотическим комплексам, к симбиозу, например, «сувойки и зоохрелы, одноклеточной инфузории с одноклеточной водорослью, которая в ней живет. Первая принадлежит к простейшим животным, потребляет кислород и выделяет углекислоту; вторая — из простейших растений, заключает в себе зеленые зерна хлорофилла, за счет энергии солнечных лучей разлагает углекислоту, пользуясь ею как материалом для своих тканей, и выделяет кислород. Таким образом, известная доля активностей в материальной форме того или иного вещества, теряемая одним участником симбиоза по непригодности для него, приобретается непосредственно другим, и обратно, а следовательно, сохраняется в симбиотическом целом. Понятно, что это целое практически располагает большей суммой активностей, чем если бы его части существовали отдельно: образец бесконечно распространенного типа организационных связей»[3]. Для Богданова симбиотические ассоциации — пример весьма распространенного типа организационного взаимодействия, которое будет анализироваться им в различных аспектах, но при отвлечении от конкретно-физиологического характера его элементов и биологического способа взаимодействия.

4.3. *Идея конъюгации* как объединения комплексов также имеет непосредственное отношение к анализу коэволюционного взаимодействия. Для Богданова конъюгация — это и сотрудничество, и всякое иное отношение, в котором два комплекса находятся во взаимодействии, их элементы — активности перемешиваются, «влияют» на другие, вообще «комбинируются», переходят из одного комплекса в другой. Коэволюция всегда есть взаимодействие комплексов именно такого рода. Рассматривая цепь таких взаимодействий, Богданов вводит понятие «*цепная связь*», которая различается им на однородную и неоднородную, симметричную и асимметричную. Коэволюционное взаимодействие, рассмотренное под углом зрения его организации, есть цепная связь конъюгирующих комплексов, для которой характерны асимметрия и наличие связки (ингрессии, по Богданову). Этой связкой в биологических коэволюционнирующих системах служит общность среды, координация усилий и пищевые цепи. Разрыв связки в коэволюционном взаимодействии влечет за собой или дез-

организацию, или появление отдельных независимых комплексов.

5. Эти идеи, выдвинутые Богдановым, относятся к исследованию формирующих организационных механизмов, т. е. к механизмам формирования организационного взаимодействия, и не касаются механизмов изменения организованных механизмов и организационных форм. В изучении Богдановым *регулирующих механизмов* связь с идеей коэволюции еще более непосредственна, поскольку здесь вводятся временные параметры изменений. Тектология А.А. Богданова пронизана эволюционной мыслью. Для него весьма значима концепция Ч. Дарвина о естественном подборе. Более того, Богданов подчеркивает «универсальность схемы подбора», ее применимость ко всякому комплексу, ко всякому взаимодействию комплексов, к каждому их компоненту во всякий момент. Какие же идеи, выдвинутые А.А. Богдановым при анализе регулирующего механизма, имеют отношение к идее коэволюции?

5.1. *Идея комплекса-процесса*. При исследовании сложного коэволюционного взаимодействия необходимо учитывать не только структуру взаимодействия комплексов, но и их взаимные изменения, происходящие во времени. «Часто активности — сопротивления комплекса и его среды приходится рассматривать как изменяющиеся во времени, исследовать комплекс-процесс. Тогда все моменты этого процесса выступают в виде звеньев одной цепи — временной, и к этим звеньям как частям целого надо применять все ту же точку зрения»[4]. Тем самым цепная связь становится временной цепной связью, т. е. связью, развертывающейся во времени. Именно с такого рода связями и имеет дело коэволюция.

5.2. *Идея подвижного, динамического равновесия*. Любая система, по Богданову, не безразлична к форме воздействия окружающей среды, внутри системы возникают процессы, направленные на преодоление внешнего воздействия и восстановление равновесия. С помощью различного рода регуляторов система обретает равновесие. Подвижность равновесия получает гораздо более сложные формы при исследовании совместного, сопряженного изменения в различных комплексах. Тенденция к равновесию складывается из бесчисленных нарушений равновесия. Динамическое равновесие, возникающее между двумя рядами эволюционирующих видов, или комплексов, включает в себя соответствие, консонансы и диссонансы, гармонию и дисгармонию, взаимодополнительность и конкуренцию, интерференцию и взаимоусилие (резонанс), синхронизацию эволютивных

комплексов и их изоляцию, конвергенцию и дивергенцию. Идея динамического равновесия, выдвинутая Богдановым, становится программой исследования процессов коэволюции как биологических видов, так и человека и природы в целом.

6. В исследовании Богдановым расхождения и схождения форм также есть немало идей, совпадающих по своему существу с идеей коэволюции. Какие же это идеи?

6.1. Отметим прежде всего идею *дополнительной связи*. Анализируя взаимоотношения организованных форм, Богданов обратил внимание на то, что существуют дополнительные соотношения комплексов и их элементов, при которых «части взаимно дополняют друг друга благодаря сохранению их связей»[5]. По его словам, «сущность дополнительной связи сводится к обменной связи: в ней устойчивость целого системы повышается тем, что одна часть усваивает то, что дезассимилировано другой, и обратно»[6]. Иными словами, для иллюстрации дополнительной связи организованных форм Богданов обращается к симбиотическим ассоциациям, которые исследовались экологами; симбиоз, рассмотренный под углом зрения взаимодополнения эволюционных изменений, и стал истоком идеи коэволюции. Идея дополнительной связи конкретизируется Богдановым в анализе *взаимного приспособления взаимодействующих комплексов*. Это взаимное приспособление и было названо позднее «*коадаптацией*». По словам Богданова, «два связанных комплекса являются друг для друга составными частями среды, взаимно оказывающими воздействия и сопротивления. Тенденция к равновесию тех и других определяет организованное «приспособление» обоих компонентов»[7]. Конъюгация двух комплексов порождает определенные эффекты, изменяя один комплекс и, в свою очередь, изменяясь. Дополнительными оказываются не только комплексы, вступающие в конъюгацию, но и их изменения. Это и есть коэволюция.

6.2. *Идея бирегулятора*, которую обычно трактовали как предвидение принципа положительной обратной связи. По моему мнению, значимость этой идеи А.А. Богданова выходит за пределы кибернетического принципа обратной связи и фиксирует механизмы двойной или взаимодополнительной регуляции в коэволюционирующих комплексах или системах. По словам Богданова, «в природе встречаются системы огромной дифференциации, но в то же время высокой устойчивости... Во всех таких случаях либо можно обнаружить, либо с вероятностью, достигающей достоверности, приходится предположить

существование особых приспособлений, гарантирующих постоянные конъюгационные взаимодействия между всеми разнородными частями целого»[8]. Среди такого рода приспособлений, которые обеспечивают взаимодействие комплексов, он особо выделяет бирегулятор, т. е. двойной регулятор, *комбинацию регуляторов*, в которой два комплекса взаимно регулируют друг друга[9]. Бирегулятор — это двойное регулирование, которое обеспечивает взаимную *подгонку* взаимодействующих систем или их компонентов, *синхронизацию* и их изменения, *корреляцию* организационных форм, их взаимный «контроль». Бирегулятор — не просто принцип обратной связи, фиксируемый в кибернетике, скорее, это *двойная обратная связь*, возникающая благодаря существованию взаимных приспособлений, *коадаптаций*.

6.3. Идея дополнительных взаимоотношений между различными системами, двояко регулируемых с помощью взаимосоотнесенных приспособлений, конкретизируется А.А. Богдановым в анализе *фаз тектологического процесса* и их смены. *Первая фаза* тектологического процесса — конъюгационная фаза. Здесь образовавшиеся группировки комплекса вступают в определенные соотношения и развиваются, «притом в некоторой связи; а если так, то их неизбежное расхождение направляется... в сторону дополнительных соотношений; ибо регулирующий механизм подбора поддерживает такого рода изменения как увеличивающие структурную устойчивость группировок. Выступает второй момент — *фаза системных дифференциаций*. Дополнительные соотношения могут создаваться по разным направлениям, множественные и сложные...»[10]. Заключительная фаза тектологического процесса — *фаза системной консолидации*. Итак, эволюция взаимодействующих систем направлена, по Богданову, в сторону взаимного дополнения, что и обеспечивает устойчивость целостной системы. В фазе системной дифференциации взаимодействие систем развертывается по разным направлениям, сохраняя свой взаимодополнительный характер. На последней фазе достигается новая целостность системы взаимодействующих комплексов или их компонентов. Дифференцировавшиеся взаимодополнительные соотношения на этой фазе консолидируются в новую, внутренне расчлененную и субстратно разнородную *целостность — в новое организованное целое*. Этот анализ Богдановым фаз тектологического процесса и взаимодействия развивающихся, взаимно сопряженных комплексов по сути дела является анализом процессов коэволюции с организационной точки зрения. А.А. Богданов в своей тектологии сделал то,

что не смогли сделать биологи-эволюционисты, а именно раскрыл *фазы коэволюции* биологических систем.

Таковы те идеи, которые развил в тектологии А.А. Богданов и которые можно рассматривать как предвидение идеи коэволюции. Более того, их можно рассматривать как раскрытие организационных форм коэволюции и ее тектологического механизма. Превращение идеи коэволюции в парадигму научного знания означает, что в центре и естественных, и общественных наук оказывается анализ механизмов взаимодействия, взаимной помощи, сотрудничества, взаимного сопряжения и корреляции эволюционирующих систем (биологических систем в биоценозе, биологических систем со средой — в биогеоценозе, общества с природой в глобальной экологии). Биологи-эволюционисты могут найти в тектологии Богданова обстоятельный анализ конвергенции и дивергенции, корреляции и взаимодополнения организационных форм, детальный анализ организационных механизмов коэволюции. Вне такого анализа организационных форм и бирегуляторов идея коэволюции не может стать парадигмой для научного знания. К сожалению, по целому ряду причин, прежде всего идеологического характера, тектология А.А. Богданова осталась мало известной биологам XX в., хотя тектология оказала определенное влияние и на социальную и на естественно-научную мысль.

7. Говоря о контексте возникновения тектологии А.А. Богданова, надо сказать, что сама идея организации возникла еще в дореволюционный период истории России. В этой связи мне хотелось бы напомнить выступления В.И. Вернадского не только об организации государственной сети научно-исследовательских институтов, но и об организации биосферы. А.А. Богданов использует понятие «биосфера», хотя и не ссылается на исследования В.И. Вернадского. Для Вернадского живое вещество и биосфера обладают особой организованностью, которую он отличает от механизма. «Организованность не есть механизм. Организованность резко отличается от механизма тем, что она находится непрерывно в становлении, в движении всех ее самых мельчайших и энергетических частиц»[11]. Организованность, согласно Вернадскому, это закономерно меняющееся, непрерывно стремящееся к устойчивости равновесие, динамическое равновесие. Организованность «не есть механизм и не есть что-нибудь неподвижное. Это — динамическое, вечно изменчивое, подвижное, в каждый момент меняющееся и никогда не возвращающееся к преж-

нему образу равновесие. Ближе всего к нему живой организм, отличающийся, однако, от него физико-геометрическим состоянием своего пространства. Пространство биосферы физико-геометрически неоднородно. Я думаю, что удобно определить это строение особым понятием организованность»[12]. Согласно Вернадскому существуют два типа динамических равновесных состояний — *механизм и организованность*. Механическое динамически-равновесное состояние представлено в созданных человеком машинах (часы, станки и др.). Организованные динамически-равновесные состояния представлены в живых организмах, в отношениях «организм — среда», во взаимоотношениях организмов различных видов, во взаимоотношениях различных геосфер Земли (биосферы, гидросферы, атмосферы и т. д.). Биосфера, включающая в себя, согласно Вернадскому, живые, косные и биокосные естественные тела, также есть организованное, динамически-равновесное состояние. В учении В.И. Вернадского об организованности как динамически-равновесном состоянии нетрудно увидеть созвучие тем идеям о динамическом равновесии, которые развил в тектологии А.А. Богданов.

Идея организованности биосферы в целом и отдельных экосистем нашла свое развитие в исследованиях отечественных экологов. А.А. Богданов ссылается на работы В.И. Талиева — ботаника из Харькова, который еще в дореволюционные годы выдвинул идею охраны природы и природных экосистем. Экологи всегда имели дело со взаимодействием биологических видов и организмов с абиотической средой. В русской экологии идея специфической организации экосистем нашла свое выражение в учении о биоценозе и биогеоценозе, развитом В.Н. Сукачевым, В.В. Станчинским, Д.Н. Кашкаровым. Помимо этого в отечественной экологии были выдвинуты различные программы охраны природы, в основу которых была положена идея динамического равновесия природных экосистем.

8. И, наконец, последнее замечание. Тектология А.А. Богданова оказала большое влияние на отечественную *социологию организаций* и *управленческую мысль* 20–30-х годов. Известно, что 20 января 1921 г. открылась Первая Всероссийская инициативная конференция по научной организации труда и производства. Ее организатором был Наркомат путей сообщения. На пленарном заседании были заслушаны доклады А.А. Богданова и его единомышленников — М. Фалькнер-Смит, О. Ерманского и др.

Сам Богданов заметил, что зародыши тектологии существовали

в различных науках, в частности, в исследованиях организации предприятий и учреждений вообще (например, исследования Л.А. Бызова), изучении психотехники рабочей силы (работы И.Н. Шпильрейна), в анализе принципов организации (П.М. Керженцев. С. Чахотин). Тектология А.А. Богданова принципиально отличается от этих частично-организаторских постановок проблемы. Тектология выдвигает универсально-всеобщие организационные методы и понятия. Она, по словам ее основателя, «характеризуется именно тем, что обобщает и объединяет все специализированное, берет для себя материалом всевозможные элементы природы и жизни, чтобы их комбинировать и связывать одними и теми же методами, по одним и тем же законам»[13].

В послереволюционное время идеи организации и реорганизации были весьма популярны. С организацией связывали перестройку промышленного производства на новых основаниях, научной работы и художественного творчества, понятого как производство ценностей искусства[14]. Даже естественно-научное знание восприняло язык организации, примером чего может служить книга Н.К. Кольцова «Организация клетки» (М., 1936). Язык тектологии, управления и организации различных систем (живых и неживых) вошел в сознание и ученых, и управленцев. Громадную роль в этом утверждении организационного мышления сыграли системное движение, возникшее в России в 70-х годах, построение различных вариантов теории систем и разработка методологии системного подхода в отечественной философии (исследования И.В. Блауберга, Э.Г. Юдина, Г.П. Щедровицкого, А.И. Уёмова, В.Н. Садовского, Ю.А. Урманцева и др.).

Соединение исследовательских разработок в методологии системного подхода с идеей коэволюции — важнейшая задача, которая, по моему мнению, выдвигается на передний план в наши дни. И здесь опыт А.А.Богданова весьма значителен и перспективен.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Богданов А.А.* Тектология. Всеобщая организационная наука. М., 1989. Кн. 1. С. 71.

[2] Там же. С. 107.

[3] Там же. С. 117–118.

[4] Там же. С. 220.

[5] Там же. Кн. 2. С. 14.

[6] Там же. С. 19.

[7] Там же. С. 32.

[8] Там же. С. 50.

[9] Там же. С. 97.

[10] Там же. С. 259.

[11] *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. Размышления натуралиста. Кн. 2, М., 1977. С. 15.

[12] Там же. С. 94.

[13] *Богданов А.А.* Тектология... Кн. 1. С. 55.

[14] См.: *Богданов А.А.* Искусство и рабочий класс. М., 1918; *Арватов Б.* Искусство и производство. Горн, М., 1923 № 9. С. 119–131; *Чужак Н.Ф.* Под знаком жизнестроения (опыт осознания искусства дня). ЛЕФ, М.-Пг., 1923, № 1. С. 12–39 и др.

З.В. Каганова

ОТ «МИРА ОРГАНИЗМОВ» Л. ФОН БЕРТАЛАНФИ К «МИРУ ГИБРИДОВ» Б. ЛАТУРА?

Системный подход — один из древнейших методов познания. Он возник вместе с первыми попытками осмыслить переход от хаоса к порядку. Поскольку первой по времени теоретической системой была философия, системный подход первоначально развивался на ее основе и потому носил черты натурфилософии. На этом этапе его основными концептуальными блоками были принцип целостности («целое больше суммы частей») и концепция уровней организации. Такого рода концепции составили натурфилософскую часть многих философских систем — от Платона и Аристотеля до Спинозы, Лейбница, Дешана, Робине, Дидро, Гольбаха, Шопенгауэра, Гегеля, Энгельса, Спенсера, Богданова, Поппера и др. Они составили противовес и в то же время дополнение редукционизма, а в более широком плане — любого элементаризма.

В середине XX в. системный подход обрел черты метанаучной концепции и стал развиваться главным образом за счет становления системы наук. Базой для его развития стали биология, социология, технические науки, экология. Опора на систему наук обусловила не только мощный рывок в развитии системного подхода, особенно его логико-методологической стороны, но и рост его влияния в качестве важнейшей онтологической и методологической концепции науки. На основе системного подхода строилась как общая, так и частные, локальные картины мира. Это был период расцвета системного подхода, становления его как широкого движения не только научной мысли, но и как определенного мироощущения и мировоззрения. Л. Берталанфи был одной из центральных фигур этого движения.

Мир стал миром систем. Объекты, организованные по интегративно-организменному принципу «включения», образовали весь Универсум — от элементарных частиц до человека и общества, культуры и цивилизации. Эталонным, референтным понятием, на которое ориентировались системные представления в различных науках и самоопределение системы, стало понятие организма. В отличие от меха-

нических систем, в организме нет частей как таковых. Он имеет не части, а органы. Иными словами, для организма характерны функциональные связи между частями и целым. Остановимся подробнее на системных подходах, разработанных в социологии, потому что именно в этой науке с момента ее возникновения они стали основными общенаучными методами познания и средством развития социологической теории.

Социология как самостоятельная научная дисциплина зародилась в первой половине XIX в. Отметим две особенности ее социокультурного контекста в этот период: во-первых, коренные преобразования, инициированные Французской революцией 1789–1794 гг., и связанная с ними нестабильность; во-вторых, превращение биологии в теоретическую систему благодаря Карлу Линнею и Чарльзу Дарвину. Социальная нестабильность породила потребность в социальной интеграции, а биология предложила теоретическую концепцию социальной интеграции. Аналогия между обществом и организмом породила понятие «социальный организм» и организмическое мышление, свойственное социологии на ранних этапах ее развития. Основной акцент делался на том, что и биологический организм, и организм социальный представляют собой функциональные системы.

Считалось, что социальные системы подобно живому организму имеют нужды и потребности; что социальные системы следует рассматривать с позиций функциональной нормы и патологии, или, говоря более обобщенно, с позиций равновесия и гомеостаза; что социум, будучи системой, состоит из частей, согласованное функционирование которых обеспечивает функционирование целостной социальной системы и тем самым поддерживает ее нормальное (равновесное) состояние. Этот способ рассмотрения порождал телеологические объяснения.

Со временем функционализм стал одним из основных, если не основным подходом «большой» социологии. В классический период он включает в себя как бы три уровня: общетеоретический и общеметодологический (установочный), «средний» и конкретно-эмпирический. Именно на среднем уровне происходило взаимодействие социологической теории и конкретных социологических исследований. Установочный уровень давал социологам возможность применять общие принципы системного подхода — целостность, интегратизм, функционализм. Однако, поскольку эти принципы были хорошо разработаны в философии и естествознании, наибольший интерес вызвали два

других уровня. Именно здесь происходило наполнение понятия «социальная система» конкретным содержанием, а также систематизация эмпирических данных в рамках этого понятия. Совмещение этих исследовательских задач привело к тому, что была разработана целая система понятий, характеризующая структуру и функции социальных систем. Наибольшее влияние на развитие социологической мысли в этом направлении оказали работы Т. Парсонса и Р. Мертона.

Социологи заговорили об увеличивающейся дифференциации социальных систем на функционально зависимые структуры, об установлении в этих системах новых принципов и механизмов интеграции и о возрастании их способности к выживанию в определенных условиях внешней среды, о том, что механизмы социальной интеграции, сохраняя равновесие социальных систем, обеспечивают наилучшие условия для человеческой жизни и развития культуры.

Но в социологии обозначились и пределы интегративно-системного подхода, ему был послан серьезный вызов. Р. Дарендорф, Д. Локвуд, Р. Мертон и др. отмечали: а) подчеркивание потребности или необходимости в интеграции социальных систем приводит к тому, что внимание непропорционально концентрируется только на тех процессах, которые отвечают этой потребности, б) теория социальной системы не принимает во внимание те социальные механизмы, которые систематически порождают беспорядок, конфликты и перемены, и в) функционирование отдельных блоков, составляющих социальную систему, может не совпадать с функционированием целостных социальных систем.

Жизнь в условиях постмодернистской глобализации подтвердила правоту этих социологов. Оказалось, что мы живем не в стабильном и гармоничном мире интегральных социальных систем, создающих наиболее благоприятные условия для жизни людей, а в конфликтном, изменчивом, неупорядоченном, сложно дифференцированном мире, в котором возможна любая катастрофическая случайность. Отражая эти изменения в мышлении современного человека, Бруно Латур создал метафору «мир гибридов». По его мнению, это понятие имеет большое значение для понимания социального миропорядка. При этом в отличие от системного подхода, опирающегося на научные теории, оно опирается на практику научных технологий и политическую практику. Гибридность подразумевает способность тех или иных единиц к удачным слияниям, оставаясь при этом неизменными; она подчеркивает сложность, гетерогенность и дифференциацию со-

циальных систем, создание все более тонких и сложных взаимных опосредований благодаря науке и технологии и противодействие этому процессу; понятие «гибрид» позволяет осмыслить, почему плодовитость социальных гибридов никогда не гарантируется, а различия предков сохраняются и становятся внутренними различиями; гибридность означает: чтобы свести гетерогенные единицы воедино, требуются предварительные манипуляции; что социальные гибриды всегда остаются искусственными и в любой момент могут распасться; что культурные различия с введением понятия гибридности начинают походить на различия видов.

Применительно к науке метафора гибридности призвана снять разделение между объектами естественных и общественных наук, а также между объективным и субъективным, между общественными и естественными науками в целом. Общественные науки не должны ни подражать естественным наукам, ни противостоять им. Естественные и общественные науки должны забыть о том, что их разъединяет, и объединиться в совместном исследовании объектов, которые, будучи по своей природе гибридами, практически их уже объединили. Вместе с естественными науками общественные науки могли бы заняться тем, чтобы представлять людям вещи во всей их конкретности и неопределенности. Тогда вещь предстанет перед нами как совокупность или узел, в котором сходятся все имеющиеся в нашем распоряжении средства познания и аспекты изучения и действия. Перед нами, таким образом, своеобразная модель системного подхода, противостоящая интегрально-системному взгляду на природу, общество и науку, построенная исключительно на все более тонкой и сложной дифференциации наук и технологий и их взаимном опосредовании.

Живем ли мы в более или менее устойчивом мире природных и социальных систем, изучаемых более или менее определенными научными дисциплинами? Или мы живем в мире, где реальны лишь взаимные опосредования? Время покажет, в каких ситуациях можно применить тот или иной подход.

И.Ф. Кефели, А.П. Мозелов

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ОСМЫСЛЕНИИ СОВРЕМЕННОГО ГЛОБАЛИЗМА

Объективными предпосылками современного глобализма как социального явления, т. е. притязаний на передел мира и утверждение нового мирового порядка после окончания «холодной войны», являются системные противоречия техногенной цивилизации. Она, техногенная цивилизация, сложилась в ходе промышленной революции на рубеже XVIII–XIX вв. как логическое продолжение развития европейской цивилизации. Все остальные мировые цивилизации в той или иной степени и форме трансформировались в нее. В итоге развитие техногенной цивилизации к концу XX в. привело к охвату всего человечества глобальными проблемами современности. Глобальная проблематика предстает как новая точка отсчета жизни людей, предполагающая формирование представлений о качественно ином будущем, которое не вытекает линейно из настоящего. Будущее как непосредственное продолжение настоящего невозможно по крайней мере по трем причинам: во-первых, необходима смена парадигмы развития техногенной цивилизации, что связано с экологическими «пределами роста»; во-вторых, необходима смена социокультурной парадигмы, задающей духовно-нравственный и политико-правовой коды человеческого поведения; в-третьих, — налицо углубление социальных противоречий между «золотым миллиардом» и остальным большинством человечества[1].

В попытках системного осмысления гуманистического содержания глобальной проблематики, непосредственно не связанной с многочисленными современными воззрениями, необходимо обратить взгляд на космизм и евразийство, которые в анналах отечественной философской и культурологической мысли представляли собой различные, но во многом схожие варианты глобального мировидения. В самом деле, Андрей Белый, выражая интенции серебряного века в русской культуре, следующим образом утверждал подобного рода творческий максимализм: «Только в тот момент, когда мы выдвинем

вопрос о жизни и смерти человечества... мы приблизимся к тому, что движет новым искусством... Людям серединных переживаний такое отношение к действительности кажется нереальным; они не ощущают, что вопрос о том, быть или не быть человечеству, реален»[2].

Такой размах творческих исканий глобального, вселенского масштаба получил воплощение в космизме как одном из направлений развития русской культуры на рубеже XIX–XX вв. В русском космизме обычно выделяют три направления: естественно-научное, религиозно-философское и поэтически-художественное. Однако при столь многоплановом характере своего развития космизм характеризовался внутренней цельностью, «философией света и радости». Культуросозидающая деятельность человека сопоставляется здесь уже не только с земным ландшафтом, земной ойкуменой, а со Вселенной (для русского человека Вселенная — это дом, в который надо вселиться всем миром, а не поодиночке). Недаром 25-летний К.Э. Циолковский в своей первой работе по космонавтике «Свободное пространство» высказывал озабоченность по поводу создания условий обитания человека в космосе: нужны ли ему там тюфяки и подушки, столы и стулья, как надо перемещаться в нем человеку и ориентироваться относительно звезд, какие предметы нужны для совершения свободных движений и т. д.

Более того, русский космизм был глубоко гуманистичным по своей сути, независимо от того, каким направлением он был представлен. Н.А. Умов, физик, стоявший у истоков естественно-научного направления космизма, в одной из работ 1901 г. пишет о том, что «нравственные принципы не могли бы руководить поведением существ, природа которых была бы составлена из нестройностей. Центральность стройности есть основа чувства красоты и этики. Эволюция живой материи представляет естественную историю борьбы за осуществление высших проявлений стройности — этических идеалов»[3]. Иначе говоря, именно жизнь вносит в космос порядок, или, как полагал автор, — стройность. И пусть ученый еще остается в рамках механического мировоззрения, но вместе с тем он же закладывает основы нового миропонимания, согласно которому в осмысление космоса как физического мира вводятся представления о живой материи. Однако это не простое повторение гилозоизма. Умов, трактуя жизнь как источник стройности в космосе, обосновывает необходимость ценностного восприятия всего мировоззрения в нравственно-эстетических категориях.

Несколько патетически Н.А. Умов заключает мысль о необходимости выхода в космос в связи с надвигающимся энергетическим кризисом. Об этом он пишет в 1912 г. в статье «Культурная роль физических наук», в которой опять же присутствует идея противопоставления механистического и космического мировоззрения.

Выход в космос, связанный в первую очередь с поисками новых источников энергии, меняет основы миропонимания. Это знаменует решительный отход от антропо- и геоцентризма к антропокосмизму. Именно антропокосмизм в интерпретации русских космистов стал отправной точкой в предвосхищении нынешнего экологического кризиса. «Нам, — пишет Н.А. Умов, — предстоит голод железа, нефти, угля... и, благодаря возрастающему приросту населения, вероятен голод хлеба»[4]. Выход из такого кризиса — в определении космических перспектив человеческого бытия, что связано с усложнением деятельности и предметным окружением человека. Его жизнь, возникшая изначально в естественной природе, в пределах Земли, все более замыкается (в истории) в искусственной второй природе. Преодоление разрыва между естественной и искусственной природой порождает всю гамму современных глобальных противоречий человечества, возможно, в направлении космизации человеческой деятельности, в выработке чувства мировой гармонии и своей причастности к жизни космоса. В данном случае необходимо особо отметить, что русский космизм, пожалуй, первым стал обосновывать идею объединения глобальных усилий всего человечества, ориентируясь не на социально-политические, а на экологические идеи и принципы.

Следует обратить внимание на эволюцию космизма в трех последовательных изданиях работы К.Э. Циолковского «Исследования мировых пространств реактивными приборами». В издании 1903 г. он рассматривает сугубо технические вопросы. В издании 1911 г. помимо инженерных расчетов автор предлагает план рационального использования солнечной энергии, анализирует условия во время космического полета человека. Циолковский видит в эфирных поселениях вершину социального прогресса: с течением веков появятся новые существа, которые «будут уже как бы прирожденными гражданами эфира, чистых солнечных лучей и бесконечных бездн космоса». Прогресс человечества, полагает мыслитель, вечен. «А если это так, то невозможно сомневаться и в достижении бессмертия»[5].

Наконец, в издании 1926 г. автор излагает развернутый план завоевания межпланетных пространств. Здесь космизм характеризуется следующими положениями:

— человек достигает большей независимости от Земли, обосновываясь в эфирных поселениях;

— человек расселяется «по всему Млечному пути» и тем самым становится участником космической жизни;

— человек достигает индивидуального и общественного совершенства.

Космизм Циолковского раскрывается в целой серии работ, включая «Космическую философию», которая была написана ученым за несколько месяцев до кончины. Основные положения космизма помимо трех отмеченных выше включают в себя следующее:

— расселение человечества по всему околосолнечному пространству и космосу — неизбежный этап в эволюции живой материи;

— в космосе достигается возможность использования вещества и энергии, что и обеспечивает безграничное жизненное пространство;

— это жизненное пространство создает условия для раскрытия всех возможностей человеческого разума и организма, для развития космического производства и поддержания космической жизни.

Так ученый обосновывает космическую точку зрения на жизнь, на человека и на культуру. В соответствии с этими положениями Циолковский определяет цели человеческой деятельности. В первую очередь необходимо «овладеть возможно большей частью лучистой энергии Солнца. Вместо того чтобы спорить о ничтожных клочках Земли, — призывает он в работе «Идеальный строй жизни», — победите Солнце, овладейте тайнами природы. Конечно, необходимо освободиться от всех видов деспотизма, завоевать свободу духа и тела, но не пренебрегайте и борьбою с природой и невежеством...»[6].

Особо следует остановиться на гуманистических и этических аспектах космизма Циолковского, которые обосновываются его космической точкой зрения. Во-первых, мыслитель практически первым расширил, преодолев геоцентризм, границы гуманизма, осуществил его космизацию. «Вы, — обращается он к читателям, — часть космоса... Жизнь в нем, в общем, совершенна и разумна. Значит, и Вы, живя жизнью Вселенной, должны быть счастливы... Величайший разум господствует в космосе и ничего несовершенного в нем не допускается»[7].

Во-вторых, Циолковский выступал против милитаризации космоса, военного использования ракетной техники: ...Я не работал ни-

когда над тем, чтобы усовершенствовать способы ведения войны! Это противно моему христианскому духу. Работая над реактивными приборами, я имел мирные и высокие цели: завоевать Вселенную для блага человечества, завоевать пространство и энергию, испускаемую Солнцем!»[8].

В-третьих, выход в космос Циолковский связывал с бесконечным прогрессом человечества. Человеческий разум является величайшей силой в космосе, преобразующей ее устройство, поэтому «космос содержит только радость, довольство, совершенство и истину».

В-четвертых, высшее проявление гуманизма Циолковский видел в установлении контакта с внеземными цивилизациями, в создании «космических содружеств», в сохранении жизни во Вселенной. В противном случае нашу Землю ждут «космические» неприятности. «Этика космоса, — отмечает он, — т. е. ее сознательных существ, состоит в том, чтобы не было нигде никаких страданий: ни для совершенных, ни для других недозрелых, или начинающих свое развитие животных»[9]. Гуманизация космических устремлений человечества породила астросоциологию, важнейшей проблемой которой как раз и является поиск внеземных цивилизаций. Постановка этой проблемы неизбежно следует из признания положения о «всюдности» жизни и разума в космосе.

В относительно завершенной форме космизм получил выражение в «Космической философии» — здесь и зародыш антропного космологического принципа (какой смысл имеет Вселенная, если бы не была заполнена органическим, чувствующим, разумным миром?), и основания астросоциологии («всюду в космосе распространены общественные организации»), и вековечная идея панпсихизма, и космический гуманизм, прообразом которого являются человеческое, земное счастье, добродетель, истина[10].

Серебряный век русской культуры ознаменовался еще одним ярким прорывом в осмыслении настоящего и будущего России — евразийством, евразийским учением о культуре.

Евразийство следует рассматривать как тип мышления и жанр научной литературы. Евразийство предстает как достояние отечественной социально-философской и научной мысли, оказывающее огромное влияние на утверждение новой парадигмы знания и литературного процесса. Возросший интерес к евразийству вызван, на наш взгляд, следующими причинами. Во-первых, социальные катаклизмы последнего десятилетия в нашей стране породили необходимость по-

иска нового «символа веры» в идейном багаже отечественной духовной культуры. Во-вторых, в современную идеологическую конструкцию национального самосознания, которая в духе постмодернистского поиска опирается на эклектичный набор фрагментов социально-философского и религиозного, научного и эстетического, правового и этического знания, довольно удачно интегрируются культурологические и геополитические идеи евразийцев.

Евразийство ведет свое начало с выхода в 1921 г. в Софии сборника статей Н.С. Трубецкого, П.Н. Савицкого, П.П. Сувчинского и Г.В. Флоровского под названием «Исход к Востоку. Предчувствия и свершения. Утверждение евразийцев». На протяжении последующих почти десяти лет вышел ряд монографических исследований, множество сборников и периодических изданий евразийцев в Софии, Праге, Берлине и Париже. Особое значение имеет вышедший в 1926 г. програмный документ «Евразийство. Опыт систематического изложения», большая часть которого была написана П.Н. Савицким, а также, предположительно, Л.П. Карсавиным и Н.С. Трубецким. Рассматривая «евразийско-русский культурный мир», авторы этого документа определяют культуру России как срединную, евразийскую, которая не сводима ни к европейской, ни к одной из азиатских культур. В этом смысл и пафос последующих утверждений евразийцев. Культура, рождаясь и развиваясь как органическое целое, проявляется в политических и социально-хозяйственных формах, в бытовом укладе и этническом типе, в географических условиях ее территории.

Именно географическая целостность и определенность русской культуры дает основание авторам называть ее евразийской. Данное положение подтверждается рядом характеристик Евразии как «срединного континента», который граничит с азиатским миром (Китай, Индия, Иран) и с европейским миром по линии рек Неман, Западный Буг, Сан и устье Дуная.

Следующей характеристикой, определяющей евразийский характер русской культуры, является то, что границы Евразии совпадают с границами «Русской империи». Евразия — замкнутое в климатическом и природном отношении географическое пространство. Естественные богатства Евразии, которая не способна принимать активного участия в океаническом хозяйстве, превращают ее как бы в «континент-океан». Еще одна особенность характеризует Евразию — это «непрерывная полоса степей», пронизывающая континент с Запада на Восток. «Степная полоса, — утверждают авторы, — становой хре-

бет ее (Евразии. — *И.К.*) истории». Тот, кто владеет степью, является «политическим объединителем всей Евразии» — будь то империя Чингиз-хана или Российская империя. Русская народность рассеялась вдоль степной полосы, в ходе ее ассимиляции с другими этносами образовался своеобразный российский суперэтнос, являющийся носителем евразийской культуры. П.Н. Савицкий в «Геополитических заметках по русской истории» (1927 г.) отмечал: «К концу XIX в. завершился (в основных чертах) процесс создания России-Евразии как геополитического единства... Была бы несостоятельной попытка свести культурное содержание процесса к каким-бы то ни было известным образцам. В культурном смысле геополитическое единство Евразии обосновывается и единственно может быть обосновано в принципах и формах, применительно к условиям этого времени»[11].

Еще на одно важное положение евразийцев следует обратить внимание. В предисловии к упомянутому выше сборнику «Исход к Востоку» Н.С. Трубецкой высказал идею о необходимости вновь обратиться к спору между славянофилами и западниками о грядущих судьбах России. Пора определиться в своих пристрастиях к культуре «романо-германской Европы». «Мы чтим прошлое и настоящее западно-европейской культуры, — полагает он, — но не ее мы видим в будущем... Мы не сомневаемся, что смена западноевропейскому миру придет с Востока... Мы совмещаем славянофильское ощущение мировой значительности русской национальной стихии с западническим чувством относительно культурной примитивности России в области экономической и со стремлением устранить эту примитивность»[12]. В программном документе 1926 г. эту идею авторы формулируют более четко, задавая развитию евразийской культуры определенный геополитический вектор: она есть «индивидуация общечеловеческой культуры»; «ей ближе родственные культуры азиатские. Она в Азии у себя дома. И для ее будущего необходимо восполнить и закончить дело, начатое Петром, т. е. вслед за тактически необходимым поворотом к Европе совершить органический поворот к Азии»[13].

Утверждение евразийцев, что «европейская цивилизация не есть общечеловеческая культура, а лишь культура определенной этнографической особи», осознание равноценности всех людей, народов и культур, равно как и высказанной Н.Я. Данилевским в его работе «Россия и Европа» идеи о недопустимости осуществления на Земле «единой общечеловеческой цивилизации» следует рассматривать как существенные идейные и методологические предпосылки фор-

мирования современного глобалистского типа мышления. «Большей клятвы не могло быть наложено на человечество, — пишет здесь Данилевский, — как осуществление на Земле единой общечеловеческой цивилизации. Всемирное владычество должно, следовательно, страшить не столько своими политическими последствиями, сколько культурными. Не в том дело, чтобы не было всемирного государства, республики или монархии, а в том, чтобы не было господства одной цивилизации, одной культуры, ибо это лишило бы человеческий род одного из необходимейших условий успеха и совершенствования — элемента разнообразия»[14].

Итак, космизм и евразийство, эти два столь ярких феномена отечественной философской и культурологической мысли, с полным основанием могут быть включены в современное научное миросозерцание, предметом которого выступает глобализм. Причем в нем следует достаточно четко различать подлинный глобализм, представленный гуманистической классикой (вера в социальный прогресс, справедливость, величие человеческого духа и т. п.), и современный глобализм, утверждающий «конец истории», столкновение цивилизаций, монополию «золотого миллиарда». В данном случае необходимо обратиться к методологическому аппарату социальной философии, которая занимает лидирующее положение в познавательном процессе.

Следует отметить, что современная социальная философия при всей широте своей предметной области ставит в центр мировоззрения и методологии проблему человека. Это, в свою очередь, способствует соответствующему направлению развития конкретных исторических, социологических, антропологических, этнологических и культурологических исследований, определяет характер взаимодействия социальной философии с другими разделами философского знания. При этом речь здесь должна идти не о некой «разорванности» социального бытия, а о том, что признание человека в качестве центральной фигуры мировоззренческих и методологических притязаний в каждой из этих областей порождает различные, хотя и близкие друг другу спектры исследовательских программ. В равной степени это относится и к философии глобализма, объектом которой является современный этап культурной истории и развития самого человека. Каковы основные характеристики понятия глобализма? В своей основе современный глобализм является продуктом научно-технической революции, оказавшей существенное воздействие на все стороны со-

циального бытия. А.Д. Сахаров писал в своих воспоминаниях по этому поводу следующее: «Я не был солдатом в той войне — но чувствовал себя *солдатом* этой, научно-технической (Курчатов иногда говорил: мы солдаты — и это была не только фраза). Со временем мы узнали или сами додумались до таких понятий, как стратегическое равновесие, взаимное термоядерное устрашение и т. п. Я и сейчас думаю, что в этих глобальных идеях действительно содержится некоторое (быть может, и не вполне удовлетворительное) интеллектуальное оправдание создания термоядерного оружия и нашего персонального участия в этом. Тогда мы ощущали все это, скорей, на эмоциональном уровне»[15].

Эти глобальные идеи впоследствии обрели статус глобальных проблем человечества, которые были связаны не только с поисками путей предотвращения термоядерной войны, но и с сохранением экологического равновесия, рациональным использованием природных ресурсов, регулированием численности народонаселения и др. Ныне глобализм претендует на статус социокультурной и политической доктрины, он находит свое воплощение в геополитических притязаниях великих держав и геополитической стратегии транснациональных корпораций. Политическая доминанта глобализма воплощается в претензиях на мировое господство (глобализация по-американски) или утверждении многополюсного мира. Для социально-философского и системного осмысления глобализм, процессы глобализации представляют интерес по ряду причин.

Во-первых, глобалистская проблематика современного социального мира объединяет в одно исследовательское пространство все многообразие самобытных обществ и культур, выражающих деятельное начало человека, и общность социального бытия различных этносов и регионов. Если в первом случае, при анализе самобытности, человеческое начало просматривается в социальной хронодинамике, представленной тремя временными координатами (время труда, время досуга и время социальной активности), то во втором, при осмыслении общности, предметом исследований оказывается социокультурная динамика геополитических пространств.

Во-вторых, традиционная фраза «человек — творец своей судьбы, своей истории» ныне обретает новый смысл: история как связующая нить между прошлым и современностью предстает по своей сути как культурная история человечества. Причем одна из тенденций ее развития на глобальном уровне заключается в попытках раскола

человеческого сообщества на золотой миллиард и остальную его часть («общество 20:80»). Подобного рода социальные трансформации становятся предметом множества исследований. Другой тенденцией развертывания культурной истории выступает формирование в социальном мире полюсов силы на основе существовавших на протяжении многих веков и тысячелетий мировых цивилизаций — китайской, индийской, арабо-мусульманской, русской, западно-европейской и др. Эта тенденция находится в явном противоречии с предыдущей, выражающей устремления техногенной цивилизации. В данном случае проявляется одна из глубинных социальных закономерностей: общность социального бытия получает воплощение в цивилизационном многообразии. Общность социального бытия заключается в базовых экономических отношениях, а цивилизационное многообразие представлено различиями этнического, политического, идеологического, духовно-религиозного, языкового порядка.

В-третьих, в современном социальном мире достаточно четко прослеживается органическая связь между глобализмом и геополитикой. Геополитика в данном сопоставлении предстает как определенное множество политических действий, направленных на передел социального пространства. Хронополитика в данном случае предстает как попытки передела социального времени, которые и получают воплощение в глобализме. Так, на протяжении XX в. подобного рода геополитические и глобалистские устремления реализовывались и в разделе мира между крупнейшими империалистическими державами, и в образовании советской цивилизации, бросившей вызов всему ходу мировой истории, и в попытках утверждения идеологии «конца истории», которая претендует на status quo западной цивилизации, и в феномене бурного возрождения этнического и религиозного сознания народов, находящихся, по мнению западных идеологов, на задворках истории. Поэтому понятия социального пространства и социального времени наполняются новым содержанием.

В настоящее время сложились три взгляда на глобализацию: революционный, эволюционный и скептический. Они требуют детального системного анализа, поскольку каждый из этих взглядов следует рассматривать как варианты системного подхода. Представим эти варианты в виде таблицы.

Анализируя эту таблицу с позиций системного подхода, следует отметить, что революционный взгляд на глобализацию исходит из утверждения рыночного пространства в качестве структурообразующе-

Подходы / Характеристики	Революционный подход	Эволюционный подход	Скептический подход
Новый этап цивилизационного развития	Наступление глобальной эры	Беспрецендентный уровень глобализации	Формирование торговых блоков, более слабое глобальное управление, чем в предшествующее время
Главные черты	Глобальный капитализм, управление в глобальных масштабах	Интенсивная и экстенсивная глобализация	Менее взаимозависимый, чем в 1890-х годах, мир
Мощь национальных правительств	Ослабевающая и распадающаяся	Пересмотренная, реконструированная	Укрепившаяся и преумноженная
Движущие силы глобализации	Свободный капитал и новая технология	Движение и модернизации своего общества	Государственные механизмы и рыночные структуры
Вид стратификации	Эрозия старых иерархий	Новая архитектура мирового порядка	Усилившаяся маргинализация Юга
Доминирующий мотив	Стандартизация: "Макдоналдс", Мадонна и др.	Трансформация политического сообщества	Реализация национальных интересов
Концептуализация глобализации	Пересмотр природы человеческих действий	Пересмотр межрегиональных отношений	Интернационализация и регионализация
Историческая траектория	Глобальная цивилизация	Глобальная интеграция и одновременная фрагментация	Региональные блоки, столкновение цивилизаций
Суммарный тезис	Окончание исторической релевантности нации-государства	Осуществляется трансформация государственной мощи и мировой политики	Интернационализация вступает в зависимость от согласия государств и от мирового соотношения сил

го элемента системы глобального мира. Системному анализу предстает такой глобальный мир, в котором все важные решения «будут приниматься транснациональными компаниями в союзе с региональными правительствами... Это будет своего рода высокотехнологичный архипелаг посреди моря нищего человечества»[16].

С другой стороны, эволюционный взгляд на глобализацию исходит из признания ее как мощной силы, трансформирующей мир. За экономической глобализацией следует политическая под эгидой мирового правительства. При этом постепенно умаляется роль национальных государств. Как полагает американский политолог С. Стрейндж, «силы деперсонализированного мирового рынка становятся более влиятельными, чем мощь государств, чьи ослабевающие возможности отражают растущую диффузию государственных институтов и ассоциаций, переход власти к локальным и региональным органам»[17]. Следовательно, объектом системного анализа становятся не исторические устоявшиеся государства, а некие фантомы — глобальные ассоциации с рыхлой, но экономически детерминированной структурой, с весьма разнородными и противоречивыми функциями и целями развития.

Надо сказать, что скептическое отношение к идеологии глобализации получает достаточно многоплановое и жесткое выражение. Во-первых, глобализация подвергается критике за счет того, что она все более явственно предстает как проявление корпоративной силы мирового капитализма. Во-вторых, за то, что глобализм умаляет роль национальных государств и религиозных ценностей. В-третьих, скептиков вполне обоснованно не устраивает глобализм по-американски, утверждающий однополюсный мир. Опять же — это задача системного анализа: каковы критерии устойчивости мира как системы (многополюсной или однополюсной) в экономическом, политическом, военном и социокультурном отношении. В-четвертых, идеология глобализма уязвима, поскольку она предстает как миф, скрывающий противоборство Северной Америки, Европы и Восточной Азии, которое усиливает мировое неравенство и инициативы антиглобалистов. Последние также представляют собой новое системное движение в развитых странах. Пожалуй, ключевым моментом в системном осмыслении глобализма является его сопоставление с национальной политикой государств, которые (а не «невидимая рука рынка») должны определять экономическое развитие мира. «Правительство и народы готовы, — справедливо полагает К. Уолтс, — пожертвовать своим

благополучием, если речь идет о преследовании национальных, этнических и религиозных целей»[18].

Проблема столкновения цивилизаций, столь остро поставленная еще в начале 90-х гг. XX в. американским ученым С. Хантингтоном, по-прежнему вызывает бурные дискуссии и попытки создать сценарии межцивилизационных отношений на Земле. Не менее остро стоит вопрос о месте России в этих отношениях, которые весьма противоречиво складываются между западно-европейской, восточно-европейской, арабо-мусульманской, тропико-африканской, латиноамериканской, китайской и индийской цивилизациями. Следует в данном случае остановиться на двух моментах. Во-первых, народы и государства восточно-европейского цивилизационного кода (восточно-европейская цивилизация, к которой относится и Россия, произошла от византийской цивилизации) в настоящее время ищут пути выживания, во многом ощущая цивилизационную общность судеб.

Во-вторых, характер ответа России в столкновении цивилизаций во многом определяется динамикой демографических изменений, которые произойдут в первой половине XXI в. в восточно-европейском регионе и ряде стран южно-европейского региона (Босния и Герцеговина, Греция, Македония, Словения, Югославия), относящихся наряду с Россией к восточно-европейской цивилизации. Так, если к 2050 г. (по сравнению с 1998 г.) население земного шара возрастет в 1,5 раза и составит 8,9 млрд человек, то население Восточной Европы за этот же период сократится в 1,2 раза и составит 251,9 млн человек, а население Восточной Европы — 1,3 % населения земного шара[19]. Демографический потенциал России будет еще более скромным, если учесть, что она населена представителями иных, отличных от православия конфессий.

В заключение остановимся на следующих положениях, которые дают основание для выбора российского варианта глобализации и определения особенностей системного подхода в осмыслении современного глобализма.

1. Современный глобализм воспроизводит по ряду характерных черт структуру мира на рубеже XIX–XX вв.: тогда капитализм перешел в свою высшую стадию — империализм, суть которого осталась неизменной: превосходство сильного над слабым.

2. Возникновение Советского Союза и образование мировой системы социализма нарушили процесс формирования всемирного хозяйства, основой которого оставался империализм и колониальная система.

3. Распад Советского Союза и мировой системы социализма привели к тому, что процесс создания всемирного хозяйства по меркам империализма стал еще более жестким. Колониальные порядки и империалистическая политика ведут к расколу человеческого общества на так называемый золотой миллиард и остальную часть человечества. Для России такая ситуация характеризуется как своеобразная «латиноамериканизация России», т. е. порядок, при котором политическая элита страны попадает в мощное поле притяжения чужой державы (в данном случае — США) и потому колеблется между стремлением насаждать в своей стране заимствованные у этой державы порядки или, если подобный эксперимент оказывается неудачным, устраивать свои дела, оставаясь в качестве «внутренних эмигрантов», свободных от национальных традиций и моральных принципов.

4. Глобализм как современная форма империализма опирается не только на военную экспансию, но также на экспансию экономическую и культурную. Этим самым закрепляется система несправедливого распределения ресурсов планеты: природных, трудовых, интеллектуальных. В этом отношении весьма привлекательным является одно из положений «Основ социальной концепции Русской Православной Церкви», разработанных в 2000 г. Это положение звучит так: «В культурно-информационной среде глобализация обусловлена развитием технологий, облегчающих перемещение людей и предметов, распространение и получение информации... Однако данный процесс сопровождается попытками установления господства богатой элиты над остальными людьми, одних культур и мировоззрений над другими, что особенно нетерпимо в религиозной сфере. В итоге наблюдается стремление представить в качестве единственно возможной универсальную бездуховную культуру, основанную на понимании свободы падшего человека, не ограничивающего себя ни в чем, как абсолютной ценности и мерила истины. Такое развитие глобализации многими в христианском мире сопоставляется с построением Вавилонской башни»[20].

5. Современный глобализм выявил объективную ситуацию: ни одна страна не может войти в постиндустриальное сообщество без его согласия и поддержки. Принципы такого действия в политическом плане были изложены еще в 1823 г. в послании к Конгрессу Президента США Дж. Монро: политика США в Западном полушарии сводилась к недопустимости распространения европейской системы как в Северной, так и в Южной Америке. В концепции национальной бе-

зопасности США для нового столетия (она была провозглашена Клинтоном в 1999 г.) границы этого доминирования расширяются до глобальных масштабов. Как утверждает глобализм по-американски: США должны доминировать в мире, поскольку только они способны взять на себя руководство и дать мировому сообществу ответы на вызовы современности.

6. В этих условиях начинает действовать геополитический закон: слабые объединяются против сильного. Одним из вариантов действия этого закона является евразийство, которое следует рассматривать не только как философскую, культурологическую и идеологическую доктрину, но и как социально-политическое движение, противостоящее глобализму по-американски. При этом необходимо учитывать, что в настоящее время существуют три варианта евразийства: так называемый северный (российский), тюркский и китайский.

7. Евразия, как единый континент в географическом смысле, в геополитическом и социокультурном плане имеет весьма сложную и разнородную структуру. В глобальном политическом прогнозировании действует принцип: примат целого (культура) над его частью (наука). Поэтому в глобальном политическом прогнозировании необходим учет не только данных научной аналитики, но и включение всех фрагментов духовной культуры народов различных регионов Евразии.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Панарин А.С.* Глобальное политическое прогнозирование. М., 2000. С. 6.

[2] *Белый А.* Арабески. М., 1911. С. 242–243.

[3] *Умов Н.А.* Собр. соч. В 3 т. Т. 3. М., 1916. С. 200.

[4] Там же. С. 436.

[5] *Циолковский К.Э.* Собр. соч. Т. 2. С. 137, 139.

[6] *Циолковский К.Э.* Промышленное освоение космоса. М., 1989. С. 245.

[7] *Циолковский К.Э.* Причина космоса. Калуга, 1925. С. 11.

[8] *Циолковский К.Э.* Реактивный прибор как средство полета в пустоте и в атмосфере. Архив АН СССР. Ф. 555. Оп. 1. Д. 33. Лл. 8–9.

[9] *Циолковский К.Э.* Научная этика. Калуга, 1930. С. 44.

[10] См. подробнее: *Циолковский К.Э.* Космическая философия // Техника-молодежи. 1981. № 4.

[11] *Савицкий П.Н.* Континент Евразия. М., 1997. С. 322.

[12] Пути Евразии. Русская интеллигенция и судьбы России. М., 1992. С. 312–314.

[13] Там же. С. 379.

[14] *Данилевский Н.Я.* Россия и Европа. М., 1991. С. 426.

[15] Правда. 18–21 мая 2001. С. 4.

[16] *Albrow M.* The Global Age. Cambridge: Polity Press, 1996. P. 243–244.

[17] *Strange S.* The Retreal of the State: The Diffusion of Power in the World Economy. Cambridge: Cambridge University Press. 1996. P. 4.

[18] *Waltz K.* Globalization and American Power // The National Interest. Spring 2000. P. 52.

[19] Расчеты произведены авторами на основе издания: Население земного шара. СПб., 2000.

[20] Основы социальной концепции Русской Православной Церкви. М., 2000. С. 86–87.

С.И. Агабеков

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В РОССИИ

В настоящее время все более актуальным становится вопрос мониторинга инновационного человеческого капитала. Под термином инновационный (высокотехнологический) человеческий капитал будем понимать специалистов в области технических и естественных наук, маркетинговых и управленческих технологий. Иными словами, инновационный человеческий капитал — это все те, кто обладает сертифицированными знаниями для создания нового продукта, технологиями его производства и доведения до потребителя (ограничение сертифицированности вводится как критерий мониторинга).

Некоторые данные, касающиеся доли, структуры и динамики инновационного человеческого капитала в России, приведены в таблице (1995–1998).

Утверждено в ученой степени, годы / Специализация	Доктора наук				Кандидаты наук			
	1995	1996	1997	1998	1995	1996	1997	1998
Физико-математические науки	344	351	372	439	1059	993	1078	1211
Химические науки	101	115	119	112	462	417	460	451
Биологические науки	174	194	250	261	811	833	872	865
Технические науки	702	732	778	871	2563	2609	2706	2880
1 + 2 + 3 + 4	1321	1392	1519	1683	4895	4852	5116	5407
Всего	2760	3022	3278	3716	11553	12032	13149	14558
Доля указанных четырех специализаций в общем числе присужденных степеней	48	46	46	45	42	40	39	37

Перспективы инновационного человеческого капитала в России зависят от того, на каком уровне установится равновесие между спросом на этот ресурс и его предложением. Поскольку спрос предъявляют высокотехнологичные компании, равновесный уровень будет определяться степенью развитости высокотехнологичного сектора.

Одна из основных проблем современных российских производств — износ основных фондов. Как модернизировать значительную часть промышленного капитала и какое участие в этом должно принимать государство?

Для решения этой и других задач, возникавших в работе, был разработан специализированный вариант социетально-инновационной структуры. В его основе лежат два предположения. Первое — наличие в любой экономике двух устойчивых точек равновесия: низкотехнологичной и высокотехнологичной, второе — возможность выявления в социально-экономической системе ключевых подструктур, влияние которых на ее поведение максимально.

Следует подчеркнуть, что предположение о наличии двух точек равновесия является модельным упрощением. Однако оно представляется корректным, поскольку объектом изучения служит система переходного периода и промежуточные равновесия (которые могут иметь место), вероятно, достаточно неустойчивы в силу их слабой подпитки финансовыми ресурсами (наука и оборонные комплексы России в 1990–2000 гг.).

Предлагается выделять следующие ключевые составляющие социетально-инновационной структуры: экономико-институциональную, мотивационную, организационно-управленческую, образовательную и геополитическую.

Под экономико-институциональной составляющей мы понимаем совокупность институтов, образующих экономическое пространство и задающих правила игры (к примеру, фондовый рынок, частная собственность, патентное право). Квазиинститутами будем называть институциональные суррогаты, формируемые бизнесом (снизу), более динамично реагирующим на изменение окружающей реальности, а также общественными организациями, постепенно возникающими в ответ на серьезные внутренние кризисы последних лет. Взаимодействие между институтами и квазиинститутами происходит посредством механизма лоббирования.

Мотивационная составляющая определяет восприятие населением происходящих изменений (к примеру, насколько высока доля лю-

дей, готовых открыть новый бизнес) и формирует индивидуальные функции полезности. Если функции полезности формируются на основе негативных ожиданий, то это усиливает разрушительные тенденции в системе. Такое явление наблюдалось в позднем СССР в виде массового воровства на производстве и постоянно снижавшейся производительности труда.

Организационно-управленческая составляющая воздействует со стороны общей сложившейся структуры принятия решений, начиная с общегосударственных вопросов и заканчивая принципами управления конкретным предприятием. Одним из основных барьеров, на который натолкнулись начатые экономические реформы, был как раз аппаратно-структурный кризис. Причем неэффективный, с точки зрения производства и маркетинга управленческий аппарат промышленных предприятий (в том числе и высокотехнологичных), сумел крайне эффективно проявить себя в области лоббирования собственных интересов в органах исполнительной и законодательной власти как на федеральном, так и на региональном уровнях и таким образом избежал начала процедуры банкротств.

Образовательная составляющая воздействует на систему через оценку экономических и политических событий со стороны наиболее образованной части населения, формирует ее через рекомендации аналитических центров наиболее влиятельным лицам государства и определяет максимально допустимый для страны уровень технологий.

Геополитическая составляющая включает все воздействия на систему со стороны внешних политических и экономических факторов. Важной чертой геополитической составляющей является взаимовлияние внутренних и внешних элитных групп.

Описанные выше составляющие образуют своего рода базис для конструирования сценариев развития социально-экономических систем. Каждая из составляющих может реализоваться в виде ряда альтернатив. Построение сценария происходит путем выбора одной из возможных альтернатив по каждой составляющий и последующей проверки внутренней непротиворечивости набора.

Построенные таким способом сценарии позволяют систематизировать анализ потенциально возможных равновесий в переходных системах. В случае Росси сценарии можно разделить на две группы: ведущие к точке низкотехнологического и точке высокотехнологического равновесия. Различные сценарии переводят систему в одну из указанных точек равновесия с различной скоростью.

Приведем набор, соответствующий либеральной парадигме развития (либеральный сценарий):

— экономико-институциональная составляющая — продолжение импорта институтов;

— мотивационная составляющая — коррекция мотивации в сторону повышения индивидуальной мобилизации;

— организационно-управленческая составляющая — постепенный рост навыков и культуры менеджмента;

— образовательная составляющая — увеличение государственных и частных расходов на образование, рост его престижа и повышение социального статуса при его наличии;

— геополитическая составляющая — постепенная интеграция в трансатлантические структуры безопасности.

Подробное рассмотрение именно либерального сценария обусловлено тем, что такой путь наименее затратный для государства, поскольку основную финансовую нагрузку при модернизации основных фондов берет на себя частный инвестор. Учитывая, что в условиях системного кризиса государство испытывает острую нехватку в финансовых ресурсах, такой сценарий представляется наиболее вероятным.

Неэффективность государственных модернизационных проектов

Базовой идеей, на которую опираются многие российские экономисты, остается убеждение в возможности государства посредством специальных регулирующих мер стимулировать высокотехнологический сектор. Однако при перечислении мер государственной поддержки часто не учитывается, что современная ситуация сложилась и остается устойчивой во многом потому, что именно такое положение дел выгодно большинству высших государственных чиновников.

Как уже отмечено, в позднем советском обществе мотивационное направление воздействовало в сторону разрушения системы. Оно же формировало функции полезности людей, интегрированных во властную вертикаль. Для реализации крупных модернизационных проектов на государственном уровне необходима политическая воля, которая отсутствует, поскольку на элитном уровне не произошло коррекции мотивации.

«Связывание» системы происходит через механизм сращивания интересов представителей власти с незаинтересованностью части бизнеса в структурных реформах. Такая незаинтересованность возникает вследствие дополнительной ренты, получаемой рядом коммерческих структур от связи с государством. Это означает заведомую нереализуемость любых проектов модернизации сверху.

Вероятно, существует некий предельный уровень криминализации и коррупции, при переходе через который становятся невозможными модернизационные проекты с активным участием государства. Напротив, способность экономики «дышать» появляется лишь после сильного снижения влияния государства на бизнес. Только в этом случае у России впервые появляется возможность сформировать «вектор снизу», когда микроагенты как налогоплательщики влияют на формирование облика государства. Тем не менее при определенных условиях становится невозможной и модернизация «снизу», а либеральные реформы не дают желаемого результата, превращаясь в вырожденные формы сырьевого олигархического капитализма.

В этом случае для России становятся возможными только сценарии, ведущие в точку низкотехнологического равновесия.

Социо-культурный кризис

Анализ взаимосвязи мотивационной динамики и кризиса цивилизации мог бы стать в будущем перспективным направлением исследований. Для этого необходимо проинтерпретировать часто используемое понятие системного кризиса. С кризисом какой системы или систем мы вообще имеем дело?

Когда аналитики осознали, что разрушение единого экономического и социального пространства СССР идет по нарастающей и практически неизбежно, тут же возникла необходимость как-то сформулировать, формализовать происходящее и выявить совокупность действий, которые можно предпринять в подобной ситуации. Отсюда и появились идеи о том, что кризис не носит сугубо экономический или политический характер, что это нечто иное, сопровождающееся какими-то более глубокими изменениями миропонимания субъектов данного процесса.

По сути, под термином «переходная экономика» (в России) мы завуалировали факт разрушения огромного социо-культурного поля,

сформировавшегося в период с 1917 по 1953 г. и существовавшего по своим особым законам, порождая собственные мифы, воздействие которых на политику и экономику практически не рассматривалось.

В позднем СССР, а затем и в России у индивидов непрерывно менялся не только потребительский набор в силу перехода на более низкое (у кого-то, наоборот, на более высокое) бюджетное ограничение, но и сами функции полезности. Более того, изменилось само множество, на котором эти функции задаются. Начало этому было положено в момент, когда население стало осознавать неспособность социалистической экономики к постоянному самовоспроизводству. А поскольку идеалом уже стало потребительское изобилие (во всяком случае, в массовом сознании), реальность вошла в противоречие с идеалом. Корректировать же систему стало уже невозможно из-за колоссальной жесткости выстроенных политических и управленческих конструкций.

Из функции полезности постепенно исчез такой компонент, как необходимость ощущать себя частью великой державы и потребность вносить свой вклад в создание этого величия. Наоборот, в этот период стали усиливаться параметры отвращения к негативным сторонам системы. Но прямым следствием таких изменений может стать только то, что полезность действия «взять» от государства гораздо выше полезности действия «дать» государству. На заре же возникновения советского государства тип восприятия был совершенно иным.

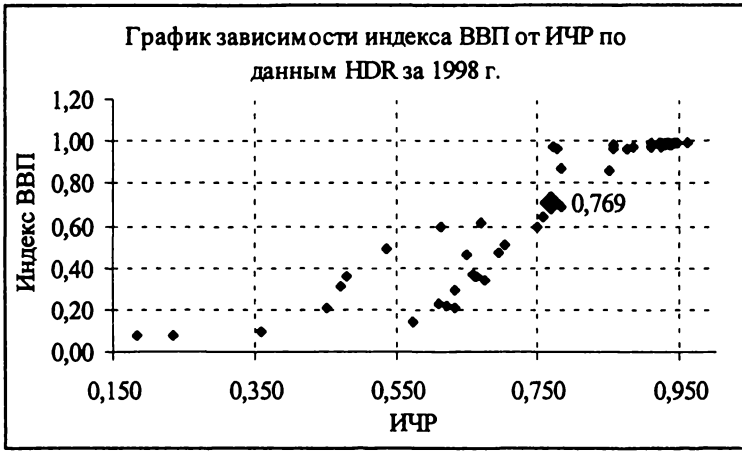
Отсюда мы делаем вывод: как только какая-либо социо-культурная система теряет привлекательность в глазах населения, сразу же векторы экономических действий индивидов автоматически меняют свою направленность таким образом, чтобы усиливать разрушительные тенденции внутри системы. Начинается стремительное нарастание энтропии, процесс приобретает необратимый характер. Данный процесс заканчивается либо окончательным разрушением государства (пример — СССР), либо началом нового этапа его эволюции.

Условия начала высокотехнологического роста

В одной работе, посвященной межстрановым различиям (Науковедение, 1999. № 2. С. 7–102) приведены данные по индексу человеческого развития (ИЧР) и соответствующему ему уровню ВВП (дан-

ные представлены ниже на графике). Индекс человеческого развития — это интегральный показатель, составленный в дополнение (и в некотором смысле как альтернатива) к используемому экономистами показатель ВВП на душу населения, который рассчитывается для каждой конкретной страны и включает в себя с некоторыми долями средний по стране уровень образования, среднее долголетие населения и уровень жизни.

Из приведенных данных отчетливо видно наличие трех интервалов. В первом интервале находятся страны с различным ИЧР, но примерно одинаковым (сравнительно низким) индексом ВВП. Во втором — группы стран с различным индексом ВВП и различным уровнем ИЧР. И, наконец, в третьем интервале находятся страны с различным ИЧР, но примерно одинаковым (сравнительно высоким) индексом ВВП. Россия попадает как раз в переходную зону государств со средним (близким к высокому) ИЧР, причем за счет высокого уровня образования при сравнительно низких других показателях.



Крупным маркером на графике обозначена Россия с ИЧР равным 0,769.

Из приведенных данных мы делаем вывод о существовании критического уровня ВВП, преодолев который страна может выбирать, куда направить приобретенное богатство. Однако специфика России состоит в значительном перевесе фактора образования, а значит,

сильно воздействие на систему со стороны образовательного направления, которое все последнее десятилетие работало на поддержку реформ. Следовательно, для России возможен и обратный вывод: наличие высокого образования способно развернуть систему в сторону высокотехнологичного экономического роста.

Можно выделить следующие условия начала в стране высокотехнологичного роста:

— при фиксированном высоком уровне технического и естественнонаучного образования, при растущем числе менеджеров и маркетологов рано или поздно наступает момент, когда экономика способна трансформировать имеющийся потенциал в рост высокотехнологичного ВНП;

— экономика тогда способна произвести эту трансформацию, когда внутри нее проходит период кристаллизации сравнительно независимой от государства части бизнеса, готовой образовать спрос на высококвалифицированных специалистов. Трансформация ИЧР в рост ВНП происходит вслед за преодолением определенного порога на этапах развития ценностной шкалы внутри бизнеса.

В будущем мощным фактором роста, способным привлечь значительные финансовые ресурсы, мог бы стать рынок акций российских высокотехнологичных компаний. Рост цены акций таких компаний повышал бы их цену при последующих первичных размещениях, а значит, приводил бы к увеличению инвестиций.

Кроме того, при попадании убыточного производства в частные руки новому собственнику может быть выгоднее продать имеющиеся активы и свернуть производство, нежели принимать меры по выводу предприятия из кризиса. Соответственно, если производить передачу убыточных предприятий новому собственнику путем конвертации долгов в акции и долгосрочные облигации с их последующей продажей на открытом рынке, надо иметь в виду, что совокупная цена этих акций и облигаций, позволяющих контролировать предприятие, должна быть достаточно высокой. Но при выходе на открытый рынок цена облигаций будет определяться спросом и предложением. Однако «толщина» российского фондового рынка позволяет крупным игрокам воздействовать на цену активов путем крупных скупок и интервенций.

Так, годовой объем сделок на нью-йоркской фондовой бирже порядка 14,7 трлн долл., ВВП США в 2000 г. находился в пределах 8,3–9 трлн долл., совокупный годовой объем сделок на всех биржевых

площадках России составляет примерно 8% при том, что в США объем сделок только на нью-йоркской бирже превосходит ВВП почти в два раза. В России часто наблюдаются случаи, когда амплитуда колебаний биржевой стоимости акций некоторых эмитентов достигает 100%.

Важно, что такие процессы носят очень быстрый, иногда взрывной характер, не обусловленный какими бы то ни было традиционными негативными или позитивными новостями (ежегодными отчетами эмитентов, объемом дивидендов, прогнозируемой прибылью). Сегодня средства средней финансовой компании вполне позволяют существенно воздействовать на рынок.

Значит, существует угроза формирования рынком неадекватной цены. Следовательно, для создания эффективного собственника (а значит, сохранения инновационного человеческого капитала) необходимо расширение и оживление фондового рынка.

Влияние утечки финансового и человеческого капитала, а также сужения российского геополитического влияния на высокотехнологический сектор

Укрепление рубля, возникающее в случае притока большого количества иностранной валюты, можно отнести как к позитивным эффектам, так и к негативным в зависимости от структуры внутреннего производства. Укрепление национальной валюты ведет к удешевлению тех товаров, при производстве которых частично используются импортные комплектующие. Чем больше доля импортных комплектующих, тем сильнее эффект относительного удешевления. При условии их высокой конкурентоспособности в смысле качества и дизайна, это способно ее еще повысить. Возникают два эффекта: увеличение импорта и удешевление товаров (что может вызвать увеличение спроса на них). Рост или снижение внутреннего производства (в целом по экономике) будет определяться структурой спроса. Если же во внутреннем производстве используются в основном российские комплектующие, то удешевления товаров не произойдет, а останется лишь эффект увеличения импорта. Это приведет к депрессивным тенденциям.

Наличие в системе с неустойчивой институциональной структурой избыточной валютной массы не приводит к росту инвестиций в реаль-

ный сектор, а ведет лишь к росту криминализации и снижению возможностей для высокотехнологической модернизации. Следовательно, вывоз капитала позволил очистить экономику от избыточной валютной массы, которую она все равно не способна была эффективно использовать (институциональные и ценностные условия не были готовы). Что касается утечки инновационного человеческого капитала, то этот эффект имел для России скорее позитивное, нежели негативное влияние.

Отток инновационного человеческого капитала на Запад в условиях нарастающего системного кризиса был единственной возможностью его сохранения. Фактически такой отток вовне стал альтернативой гораздо более губительному «внутреннему» оттоку — уходу в другие сферы деятельности с потерей квалификации. На определенной стадии выхода из кризиса часть уехавших за рубеж специалистов, получивших опыт существования в развитой конкурентной среде, сможет составить основу нового российского высокотехнологичного бизнеса. Другими словами, западные страны становятся временным резервуаром для хранения и развития российского инновационного человеческого капитала.

Снижение геополитического влияния России также, как это ни парадоксально, имеет позитивный эффект. Как уже говорилось, у российской элиты не произошло коррекции той разрушительной мотивации, которая сложилась в заключительный период существования СССР. Следовательно, единственное, что может вынуждать власть в такой ситуации идти на структурные реформы в интересах несырьевых секторов, это отсутствие финансовой подпитки (при отсутствии кредитов и низких ценах на природные ресурсы) и угроза со стороны внешних элитных групп (например, смена администрации в США с последующими финансовыми скандалами).

Путь перехода российской экономики от экспортно-сырьевого типа к высокотехнологическому

Немецкий концерн «Маннесманн» начинал свою деятельность в конце XIX в. и успешно продолжал ее до 1994 г., занимая крупную нишу на рынке трубопроката. В середине 90-х концерн столкнулся с серьезным ухудшением финансовых показателей и вынужден был

развивать новые рыночные направления. Буквально мгновенно менеджментом было принято решение о кардинальной смене профиля. В результате этого уже в 1996 г. «Маннесманн» становится международной телекоммуникационной компанией. Этот пример иллюстрирует тот факт, что в условиях современного информационного общества, при наличии политической воли основных акционеров и высшего менеджмента быстрая смена профиля компании становится осуществимой.

Основной инструмент в руках менеджеров — гибкие механизмы слияния и поглощения, практикуемые во всех развитых странах. Единственный серьезный ограничительный параметр — размеры корпорации. Иными словами, начиная с некоторого уровня рыночной стоимости, компания способна гибко маневрировать между рыночными нишами.

Это означает, что многие российские сырьевые компании, накопившие за прошедшее десятилетие большие объемы капитала, политически заинтересованы в выходе на зарубежные технологические рынки. Им нет необходимости реанимировать упавшие российские предприятия в тот момент, когда появляется возможность приобретения иностранных фирм с развитой технологической базой.

В свою очередь, многие убыточные предприятия смогли бы акционировать еще работоспособные подразделения с последующей их продажей иностранным инвесторам. Такая политика требует повышения информационной открытости российского производства, но это путь повышения его эффективности.

Отсюда следует еще один, на первый взгляд парадоксальный, вывод: после прохождения страной периода первоначального накопления капитала практика «защиты отечественного производителя» является экономически порочной, поскольку препятствует дальнейшему перераспределению капитала в сторону его более эффективного использования. Следовательно, максимально возможная (за исключением защиты от демпинга) открытость внутреннего рынка при параллельно проводимой институциональной конвергенцией с развитыми странами — это путь к регенерации российского высокотехнологического капитала.

Часть II

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ПОЗНАНИЯ

В.В. Попков

ДВОЙСТВЕННОСТЬ: КОНЦЕПЦИЯ И СТРУКТУРА ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Оливер Уильямсон, под редакцией которого недавно вышел прекрасный сборник «Природа фирмы»[1], назвал науку об организации «неуловимой». По-видимому, имеется в виду, что эта наука, как и теория систем, включает в себя целый ряд подходов, сильно различающихся по своему стилю и задачам. В своем классическом обзоре[2] Людвиг фон Берталанфи указал на существование более десятка различных направлений в разработке теории систем: непрерывную и дискретную математику, теорию множеств, теорию графов и теорию сетей, кибернетику, теорию игр и принятия решений и т. д. За прошедшее время этот список пополнился, как за счет разветвлений в числе указанных Берталанфи направлений (например, в теории сетей бурно развивается такое направление, как динамические сети), так и за счет появления новых, таких, как синергетика, теория самоорганизованной критичности, теория процессов, хаотическая динамика, теория фракталов и др. Большинство из этих теорий изложено с использованием математического языка, что доставляет им такие достоинства, как четкость изложения, возможность строгой дедукции, проверяемость и воспроизводимость результатов. Тем не менее по-прежнему актуальным остается построение и использование вербальных моделей, которые охватывают некоторые не замеченные ранее аспекты исследуемой реальности. Дополнение таких моделей математическим описанием, пусть даже не всегда являющимся законченным алгоритмом, даёт возможность представить возможные направления последующей разработки.

Наш текст посвящён двойственности — понятию, которое тоже можно отнести к разряду «неуловимых», но по причине противоположной той, что была представлена выше; многие исследователи, описывая те или иные аспекты организации, используют концепцию двойственности, но не акцентируют на этом внимание. Мы постараемся показать, что понятие двойственности неотделимо от понятия

системы, а использование концепции двойственности как познавательной модели, обладающей своей динамичной внутренней структурой, имеет большую эвристическую ценность.

Свой экскурс в царство двойственности мы начнём с категорического утверждения Авенариуса: «Эта двойственность не является дуализмом!»[3]. Точно так же двойственность не является дихотомией, противоречием, противоположностью или бинарной оппозицией, хотя со всеми этими категориями у неё есть «родственные» отношения, которые разобраны в нашей работе «Двойственность»[4].

Для понимания основной идеи двойственности и какой-то мере истории вопроса полезно обратиться к классикам, внёсшим неоценимый вклад для понимания этой концепции — Гегелю и Шеллингу.

Гегель о двойственности. Двойственные категориальные пары и образуемые ими «четверные петли» отношений пронизывают все разделы «Науки логики». Логическое единство теории, опирающееся на двойственность — наличие и взаимодействие двух неразрывно связанных понятий, отражает, на наш взгляд, органическое единство всего сущего.

Не углубляясь в дебри философии Гегеля, остановимся лишь на одном следствии, взятом из «Науки логики», которое важно для иллюстрации нашего предмета. Предвзятый знаток мог бы придраться к случайности выбора этого примера для иллюстрации двойственности. Ответ будет звучать по-современному: теория диалектики Гегеля самоподобна (фрактальна); из каждого раздела «Логики» можно извлечь одно и то же понимание двойственности и ее структуры. Рассмотрим фундаментальное соотношение «одного и многих», которое является базисным в теории систем. Гегель пишет: «Одно оказывается совершенно несовместимым с самим собой, отталкивает себя от самого себя, и то, чем оно себя полагает, есть многое»[5]. Далее приведем наш перевод подлинного текста Гегеля: «Отталкивание, рассмотренное в нем самом выступает, как отрицательное отношение (Verhalten) многих одних относительно друг друга (gegeneinander), следовательно, их связь (Beziehung) соотносит их друг с другом (aufeinander), и так как те, с которыми соотносится одно в своем отталкивании суть одни, то оно соотносится в них с самим собой»[6].

Чтобы глубже уяснить смысл приведенного Гегелем положения, напомним, что в немецком языке Verhalten и Beziehung хотя и переводятся на русский язык как синонимы, которые означают «отношение, связь, поведение», на самом деле в оригинальном тексте имеют раз-

ный смысл. Если Verhalten-отношение, то это отношение «удержания, схватывания» откуда-то изнутри (на это указывает глагольное окончание halten — хватать, удерживать), обусловленное противоположением одного к многим как внешних друг к другу (на это внешнее, как бы отталкивающее одно от многих, указывает приставка gegen в слове gegeneinander). С другой стороны, Beziehung — это тоже связь, тоже отношение, но отношение вытягивания «вовне» (глагол zienen — тянуть, вытягивать), но имеющий природу внутреннего, как вытекающего из противополагания одного из многих (приставка auf в слове aufeinander). Таким образом, в двойственном комплексе «одно—многое» мы имеем четверку отношений, объединенных в пары Beziehung–Verhalten, и aufeinander—gegeneinander. Этой структурой обладают все знаменитые гегелевские формулы, например, «основание есть внутри себя сущая сущность. Сущность есть существенным образом основание»; «сущность является, явление существенно». Это походило бы на игру слов, если бы на этом не была построена вся логика Гегеля. Что стоит за этим? Являются ли эти гегелевские «петли» умозрительными построениями или за ними стоит какое-то фундаментальное свойство природы, и если да, то какое? Мы отвечаем на это утвердительно и считаем, что двойственная структура гегелевских утверждений — это попытка, так сказать, в нулевом приближении «ухватить» в словесном выражении беспрерывно меняющийся, развивающийся мир, который в каждый миг есть то, что он есть, и в то же время не является тем, что он есть. А то, чем он уже не является, обратно влияет на то, что есть в следующий момент времени, и т. д., и этот переход от небытия к бытию есть то, что отражается в категориальных парах Гегеля. К сожалению, эти тонкости философского смысла высказываний Гегеля полностью утрачены (как впрочем, и в других местах оригинального текста «Логики») при переводе на русский язык.

Наивная уверенность старой формальной логики состояла в том, что суждения делятся на два класса: на истинные и ложные. Здравый смысл будет возражать, если кто-то будет утверждать, что «единичное есть всеобщее» или что «причина есть следствие». Какое же из двух суждений следует считать истинным? Ответ будет краток: никакое. Гегель показал, что форма суждения не является той логической формой, в которой вообще выражается истина. Логической формой истины является, по Гегелю, «умозаключение». В ее состав входят логические формы суждения, а логической форме суждения (диаде) предшествует и входит в нее логическая форма понятия.

Двойственность. Закон композиции и отношение порядка. Логическая форма понятия сама состоит из двух различных логических форм: пары единичное — особенное, единичное — всеобщее, особенное — всеобщее образуют «диады», а их целостность, своеобразная независимость от логической формы диады требует своего названия — «триада». Эти две логические формы, еще не различавшиеся Гегелем на правах логических форм[7] лежат в основании математики. Их выделение стало возможным тогда, когда известная группа математиков, писавшая под коллективным именем Бурбаки, в анализе основных математических структур сумела выделить две качественно различные математические структуры. Их намечавшиеся названия примерно соответствуют «закону композиции» и «отношению порядка». Их философское содержание, которое лежит за рамками математики, и принадлежат к логическим формам, обозначается логической формой диады и логической формой триады.

Математической формой записи логической формы «диады» являются формулы, в которых соединяются знаком равенства два выражения, отличающиеся друг от друга по написанию (А = В). И в левой, и в правой частях этой формулы могут быть понятия, отнесенные к одной из двойственных пар, входящих в триаду и задающих «отношение порядка», «направление», «ориентацию». Внематематической формой этого «следования» и является логическая форма «триады». Поэтому простейшая логическая форма умозаключения должна учитывать это обстоятельство и тогда вместо одной формы записи (А = В) мы получим четыре:

А = не В; не А = В; В = не В; А = не А.

Вместе с первоначальной записью: А = В теперь имеем минимум пять формул.

Мы сумеем лучше уяснить всю глубину этих кажущихся удивительными для здравого смысла выражения, если расположим их в следующем виде:

А = не А	А = не В
не А = В	В = не В

Это опять та же структура, с которой мы уже встречались при рассмотрении соотношения одного и многих через гегелевское понятие «от-

талкивания». Откуда же она взялась? Мы добавили, и добавили вполне обоснованно, исходя из логики движения, к первоначальной записи частицу «не», так как в изменяющемся мире А есть В и А не есть В.

Шеллинг о двойственности. Обратимся теперь к рассуждениям Шеллинга. Шеллинг пишет: «Природа должна изначально стать для самой себя объектом, такое превращение чистого субъекта в объект для самого себя немыслимо без изначального раздвоения в самой природе.

Эту двойственность далее физически редуцировать невозможно, ибо, будучи условием природы вообще, она есть принцип всякого физического объяснения, а всякое физическое объяснение может быть направлено лишь на то, чтобы свести все встречающиеся в природе противоположности к той изначальной противоположности внутри природы, которая сама уже не являет себя. Не потому ли в природе нет ни одного изначального феномена без этого дуализма, что в природе все бесконечно есть субъект и объект друг для друга, а природа есть продукт и продуктивность одновременно?»[8] В этих рассуждениях заложена идея двойственности, где за «субъектом» и «объектом», «продуктом» и «продуктивностью» скрываются две ветви и четыре параметра.

Если природа изначально есть двойственность, то в продуктивности природы должны быть заложены противоположные тенденции. Положительной тенденции должна быть противопоставлена другая, как бы антипродуктивная, тормозящая продукцию; не в качестве отрицающей, а в качестве отрицательной, реально противоположной первой. Лишь в этом случае в природе, несмотря на ограничение, нет пассивности, если и то, что ее ограничивает, также положительно, а изначальная ее двойственность есть борьба реально противоположных тенденций.

Для того чтобы возник продукт, эта противоположные тенденции должны столкнуться. Однако поскольку они положены равными (ибо нет основания полагать их неравными), то, столкнувшись, они уничтожат друг друга; следовательно, продукт будет равен нулю, т. е. и в этом случае не возникнет.

Это неизбежное, хотя до сих пор недостаточно осознанное противоречие (а именно то, что продукт может возникнуть лишь вследствие столкновения противоположных тенденций, а эти противоположные тенденции взаимно уничтожают друг друга) может быть разрешено только следующим образом. Устойчивое пребывание продукта

немыслимо без постоянного его воспроизведения. Продукт следует мыслить в каждый момент уничтоженным и в каждый момент вновь воспроизведенным. Мы видим, собственно говоря, не пребывание продукта, а только его постоянное воспроизведение.

Разбирая взаимодействие тепла и вещества (воды), Шеллинг также отмечает наличие четырех параметров. «Природа, которая любит смешения и, без сомнения, пришла бы к всеобщей нейтрализации, если бы не постоянное влияние чуждых ей принципов не заставляло ее останавливаться в собственном созидании, сохраняет себя в вечном круговороте, разъединяя на одной стороне то, что связывает на другой, и соединяя здесь то, что разъединила там. Окисление и дефлогистизация, флогистизация и раскисление — относительные понятия, которые могут быть по отношению друг к другу положительными или отрицательными, но каждое из которых выражает не что иное, как определенное отношение»[9].

Флогистон — это понятие, которое использовалось в прошлом для объяснения передачи взаимодействий; от него давно уже отказались, но при этом была потеряна нетривиальная и трудно улавливаемая идея взаимодействия четырёх факторов, два из которых принадлежат «наблюдаемому» миру (в указанном примере это окисление и раскисление), а два «невидимому» миру взаимодействий, описываемому в терминах флогистизации и дефлогистизации.

Цикл Карно. Для дальнейшего уяснения глубины и следствий предложенной модели двойственности рассмотрим хорошо известный в термодинамике пример и увидим, как концепция двойственности позволяет сделать новые выводы.

Цикл Карно составляют два вида процессов — изотермический и изоэнтропический; каждый из них протекает дважды — в прямом и в обратном направлении. Следовательно, у нас вновь происходит двойное раздвоение, в результате чего опять возникает четверка объектов (четыре этапа цикла Карно) и наблюдается двухуровневая двойственность. Получим теперь явный вид к.п.д. η идеальной тепловой машины и к.п.д. λ обратной ей холодильной машины (работающей по обратному циклу Карно)[10]. Можно показать, что

$$\eta = 1 - \tau$$

и

$$\lambda = \frac{\tau}{1-\tau}$$

где величина τ представляет собой отношение температур холодильника и нагревателя идеальной тепловой машины:

$$\tau = \frac{T_2}{T_1}$$

а интервал ее возможных значений имеет вид:

$$0 < \tau < 1.$$

Исключая величину τ, получаем выражение

$$(1 + \lambda)\eta = 1,$$

связывающее воедино две ветви (тепловую и холодильную машины) рассматриваемого двойственного объекта (идеальной тепловой машины) и тем самым позволяющее одной ветви однозначно определять другую.

Зададим теперь вопрос: в какой точке равноправны обе ветви вышеуказанной двойственности, какому условию будет соответствовать предположение об одинаковой эффективности тепловой и холодильной машин, объединенных в одном устройстве — идеальной тепловой машине? Для этого приравняем друг другу тепловой и холодильный к.п.д. цикла Карно, то есть

$$\lambda = \eta,$$

с учетом которого получим уравнение:

$$\eta^2 + \eta = 1.$$

Решением этого уравнения является так называемое «золотое сечение». Тепловой и холодильный к.п.д. цикла Карно в случае их совпадения представляют собой золотое сечение.

Заметим теперь, что более тщательный подход к исследованию идеальной тепловой машины позволяет обнаружить, что рассмотрение цикла Карно означает изучение не двух машин (тепловой и холодильной, которые были рассмотрены нами ранее и могут быть названы «прямыми»), а четырех попарно связанных друг с другом. Так, с «прямой» тепловой машиной связана «обратная» холодильная ма-

шина; последняя фактически представляет собой холодильную машину Вселенной, которая работает за счет естественных поглотителей тепла. И наоборот, с «прямой» холодильной машиной (которая является обратной к «прямой» тепловой) связана «обратная» тепловая машина — тепловая машина Вселенной, из которой также нужно извлечь энергию для охлаждения заданного объема ее пространства.

Тепловая машина и Вселенная образуют двойственный объект, состоящий из «видимой» (сама машина) и «невидимой» (вся остальная часть Вселенной) частей.

Отметим также тот факт, что «прямая» тепловая и «прямая» холодильная машины взаимоисключают существование друг друга (в смысле одновременной работы), а «прямая» тепловая и «обратная» холодильная (а также «прямая» холодильная и «обратная» тепловая), напротив, предполагают совместное (взаимодополняющее) функционирование.

Вышеизложенный подход к изучению цикла Карно (базирующийся на рассмотрении четырех машин вместо двух) позволяет сделать более понятным и обоснованным приравнивание друг к другу теплового и холодильного к.п.д: теперь оно означает вполне естественную задачу поиска оптимальной точки взаимодействия двух необходимо существующих вместе машин — «прямой» тепловой и «обратной» холодильной (или, другими словами, тепловой машины Карно и холодильной машины Вселенной), а также «прямой» холодильной и «обратной» тепловой (холодильной машины Карно и тепловой машины Вселенной).

Из приведённых примеров уже вырисовывается структура двойственности, состоящая из четырех параметров, попарно сопряжённых друг с другом. Сопряженные параметры образуют две ветви, процессы движения в которых направлены в противоположные стороны. Одна из ветвей может быть «невидима» в том смысле, что аппаратными средствами наблюдения другой ветви она не выявляется, так как принадлежит другому структурному уровню. Оптимальному соотношению двух ветвей, выраженному в мерах энергии, пространственных соотношений или времени, соответствует равенство величин, служащих выражением этой меры, золотому сечению.

Двойственность. Классическая термодинамика. Для иллюстрации снова вернёмся к термодинамике. Первое начало связывает полный дифференциал **dU** (функцию состояния системы **U**) с двумя неполными дифференциалами **δA** и δ**Q**, где **A** и **Q** соответственно рабо-

та и теплота. Следовательно, работа и теплота являются по отдельности «неполными» характеристиками системы, причем как в физическом смысле (описывая лишь один из двух способов энергетического воздействия на систему), так и в математическом (будучи неполными дифференциалами, т. е. не являясь функцией состояния системы) дополняют друг друга «до полной» характеристики (внутренней энергии) и тем самым представляют собой две двойственные структуры в одном «энергетическом» теле, связанные первым началом термодинамики. Для равновесных процессов $\delta A = PdV$ и $\delta Q = TdS$, где **P** — давление, **V** — объем, **T** — температура, **S** — энтропия. Экстенсивные параметры **V** и **S** называют обобщенными координатами, а интенсивные параметры **P** и **T** — обобщенными силами, причем, «сила» **P** сопряжена с координатой **V**, а «сила» **T** с координатой **S**. Между этими парами параметров **(P,V)** и **(T, S)** существует взаимно однозначное соответствие; так называемый якобиан перехода[11] от одной пары к другой равен единице, что делает равноправными координатными плоскости **(P, V)** и **(T, S).** Отметим асимметрию в четверке **P, V, T, S**; если первые три параметра являются реально измеряемыми величинами, то энтропию измерить невозможно. Указанная четверка является параметрами двойственных понятий более высокого уровня — четырех термодинамических потенциалов: внутренней энергии **U (V, S),** свободной энергии **F(V,T),** энтальпии **H(P,S)** и потенциала Гиббса **G (P,T).** Каждый такой потенциал является функцией двух параметров, один из которых принадлежит паре **(P,V),** а другой — **(T,S).** Можно показать, что **V, F, H, G** связаны между собой отношениями двойственности.

Золотое сечение — модель двойственности и ее структура. Превосходные по точности и глубине рассуждения о природе двойственности и её связи с золотым сечением принадлежат П. Флоренскому. Множество вообще открывается как полярно-сопряжённая двойственность, и закон связи его полюсов должен быть выразим как некоторая общая формула единства. Расчленение целого в пространстве и времени есть расчленение качественное, которое в пространстве и времени является как количественная разница. Следовательно, из двух полярно-сопряжённых частей одна должна быть большей (M), а другая — меньшей (m), ибо только «больше» и «меньше» могут различать пространственно-временные образования. Сравнением частей может быть измерение одной части другою, т. е. отношением m/M. Но m и M не являются произвольными величинами, а образуют целое T, или T = m + M. Далее Флоренский рассуждает сле-

дующим образом: «...Деление целого должно быть таково, чтобы по частям наша мысль восходила к целому, поняла целое, как целое именно этих частей. Но их всего две. Стало быть, мера сравнения частей должна быть и мерой целого при сравнении с одной из частей. Эта последняя часть должна быть соединительным звеном для мысли при переходе от другой части к целому. Следовательно, она должна быть большею, чем другая часть, во столько же раз, во сколько целое больше её. Надо найти меру изоморфного отображения целого на свою большую часть такую, чтобы она равнялась величине отображения большей части на меньшую»[12].

Таким образом, получаем соотношение: m : M = M : (M + m). Обозначив правую часть этого равенства через Ф, получим квадратное уравнение: $\Phi^2 + \Phi - 1 = 0$, корнями которого являются:

$$\Phi_1 = \frac{-1+\sqrt{5}}{2} = 0{,}618\ldots \quad \text{и} \quad \Phi_2 = \frac{-1-\sqrt{5}}{2} = -1{,}618..$$

Введём теперь величину $\Theta = \Phi^{-1} = \frac{1}{\Phi}$, т. е. Θ является величиной, обратной к Ф. В математическом смысле это означает введение «обратного» двойственного к «прямому» пространства, в котором прямая, описываемая уравнением y = Ф, превращается в гиперболу $y^* = \frac{1}{\Phi} = \Theta$ И наоборот, в «обратном» пространстве прямая Y = Θ, превращается в «прямом» пространстве в гиперболу $Y^* = \frac{1}{\Theta} = \Phi$. Нетрудно доказать, что Θ удовлетворяет уравнению $\Theta^2 - \Theta - 1 = 0$. Оно, разумеется, отличается от уравнения для Ф ($\Phi^2 + \Phi - 1 = 0$), но внимательный читатель уже, наверное, догадался, что в своём пространстве, двойственном к пространству, где существует Ф, уравнение для Θ будет точно таким же.

Корнями уравнения $\Theta^2 - \Theta - 1 = 0$ являются:

$$\Theta_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}618\ldots \quad \text{и} \quad \Theta_2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2} = -0{,}618\ldots$$

Итак, подытожим. Мы начали наше рассуждение, желая получить число, которое бы сохранялось неизменным при переходе от рассмотрения отношения между целым к его большей части к отношению большей части к меньшей этого целого. При этом в неявном виде мы приняли следующие очевидные допущения, что M > m и что M + m = T. Или, другими словами, мы внутри целого T, выделив в нём две части (первый минимальный шаг расчленения), задали два правила расчленения; первое из них задаёт структуру, «положенность» в пространстве и времени, закон «порядка» — оно утверждает, что кроме точки «m», есть точка «M», отдалённая от «m» и что есть характеристика «порядка», связанная с этой удаленностью. Второе условие накладывает функциональное ограничение на эту удалённость, требуя, чтобы «m» и «M» оставались внутри целого (закон «композиции»). Кроме того, в качестве «линейки» для измерения целого его частью мы взяли отношение M : m. В обратном пространстве мы вместо этой «линейки» использовали обратную, то есть отношение m M. Таким образом, мы заменили отношение порядка на обратное, знак «больше» (>) заменился на знак «меньше» (<). Закон «композиции», казалось бы, не изменился, ведь целое T по-прежнему включает в себя m и M, но это уже не прежние m и M, а описываемые с позиции «прямого» пространства, и поэтому мы должны были бы их снабдить специальными значками, например m* и M*.

Рассматривая фундаментальное для общей теории систем понятие иерархического порядка, Берталанфи отмечал, что такая иерархия проявляется как в структурах, так и в функциях. В конечном счете, отмечал он, структура (т. е. порядок частей) и функция (т. е. порядок процессов) могут быть одним и тем же. Мы утверждаем, что наше понимание двойственности позволяет сделать вывод, что слова «могут быть одним и тем же» надо дополнить «но в разных пространствах». Чтобы составить правильное понимание о целом, надо применить двойственное описание — структуру описать на языке функций и функцию на языке структуры. В математике такие теории существуют. Например, принцип двойственности для теории категорий утверждает, что некоторое высказывание истинно тогда и только тогда, когда в этой теории истинно двойственное высказывание. Принцип двойственности позволяет выделить формальные связи между понятиями и результатами, которые в конкретных категориях кажутся не зависящими друг от друга. В частности, с помощью теории категорий была найдена двойственная связь между наблюдаемостью и достижимос-

тью системы. Наблюдаемость понимается в смысле возможности определить состояние системы по выходу. Достижимость — в определении множества достижимых состояний. Система представляется как пара двойственных систем таких, что достижимость одной двойственна (в смысле категории) наблюдаемости другой.

В эволюционной лингвистической модели Дж. Николиса[13] самоорганизующиеся системы рассматриваются как открытые «пирамиды» иерархически упорядоченных «платформ», которые можно разделить на две категории: энергетическая и структурная «аппаратурная реализация» и информационное и функциональное «программное обеспечение». Центральная проблема состоит в выяснении того, каким образом символические информационные взаимодействия возникают из энергетических интерпретаций. Или другими словами, проблема состоит в создании «интерфейса» между структурами нашей системы («аппаратурной реализации»), в которой динамика осуществляется посредством энергетических взаимодействий, и ее функциями («программным обеспечением»), в которых динамика осуществляется посредством последовательности взаимозависимых символов. Но если в случае энергетических взаимодействий на структурных уровнях по существу построена классификация и достигнуто понимание (в той области, где они подчиняются классической электродинамике и квантовой механике), то природа символических взаимодействий, как пишет Николис, на функциональных уровнях пока не установлена.

Наглядная модель двойственности в виде двух уравнений для золотого сечения позволяет выдвинуть гипотезу для рассмотрения фундаментальной проблемы соотношения структуры и функции. Наша гипотеза, опирающаяся на теорию двойственности, заключается в следующем: «прямая», или «видимая», ветвь двойственности относится к структурной части при рассмотрении объекта, а «обратная», или «невидимая», часть относится к функциональной части двойственности. Так называемая «невидимая» ветвь не является иллюзией или математическим приемом; она существует, но в нашем «прямом» пространстве энергетических взаимодействий она представлена как символический (информационный) динамический процесс. Видимый и невидимый миры можно также рассматривать как внешний и внутренний, и тогда динамика объекта определяется соединением и взаимной дополнительностью внешних и внутренних частей объекта, а последние допускают дальнейшее расслоение. Нашим опытным данным доступна лишь внешняя часть.

Для лучшего понимания того, как все это работает, вернемся к рассмотрению тепловых машин, которое позволяет придать смысл понятию двойственности. Отметим, что задача о пропорциональном делении целого на две части допускает следующее обобщение[14]. Если ввести параметр *p*, который может принимать произвольные целочисленные неотрицательные значения, то целое можно разделить на две неравные части так, чтобы отношение меньшей части (*a*) к большей (*b*) равнялось бы *p*-й степени отношения большей части к целому:

$$\frac{a}{b}=\left(\frac{b}{a+b}\right)^p$$

Это требование удовлетворяется при выполнении условия

$$\frac{b}{a+b}=\varphi_p,$$

где величина φ_p представляет собой единственный положительный корень уравнения

$$\varphi_p^{p+1}+\varphi_p=1$$

и называется обобщенным золотым сечением или золотым *p*-сечением.

Поскольку величина *p* принимает бесконечно много значений, постольку уравнение задает бесконечное число вариантов пропорционального деления целого. При $p = 0$ уравнение имеет решение:

$$\varphi_0=\frac{1}{2},$$

которое соответствует классической дихотомии, т. е. делению целого пополам. При $p = 1$ уравнение принимает вид:

$$\varphi_1^2+\varphi_1=1,$$

из которого следует

$$\varphi_1=\varphi,$$

что соответствует делению целого по золотому сечению и характеризует последнее как частный случай золотого *p*-сечения, отвечающий значению $p = 1$.

Можно показать, что при $p \geq 0$ справедливо соотношение

$$\frac{1}{2} \leq \varphi_p < 1,$$

причем

$$\lim_{p \to \infty} \varphi_p = 1.$$

Покажем теперь, что при определенных соотношениях между двумя ветвями двойственной структуры идеальной тепловой машины («тепловая машина — холодильная машина») в цикле Карно могут возникать пропорции обобщенного золотого сечения. Действительно, в случае справедливости соотношения

$\lambda = \eta^p$

уравнение для η принимает следующий вид:

$\eta^{p+1} + \eta = 1$, т. е.

$\eta = \varphi_p$,

если холодильный к.п.д. цикла Карно равен *p*-й степени теплового к.п.д., то последний при этом представляет собой золотое *p*-сечение.

Теперь получаем:

$\lambda = \varphi_p^p$

и

$\tau = \varphi_p^{p+1}$,

т. е. условием *p*-степенной зависимости холодильного к.п.д. цикла Карно от его теплового к.п.д. является равенство отношения температур холодильника и нагревателя идеальной тепловой машины $(p + 1)$-й степени золотого *p*-сечения.

Из приведенных формул также следуют соотношения

$$0 < \varphi_p^{\,p+1} \leq \frac{1}{2}$$

и

$$\lim_{p \to \infty} \varphi_p^{\,p+1} = 0$$

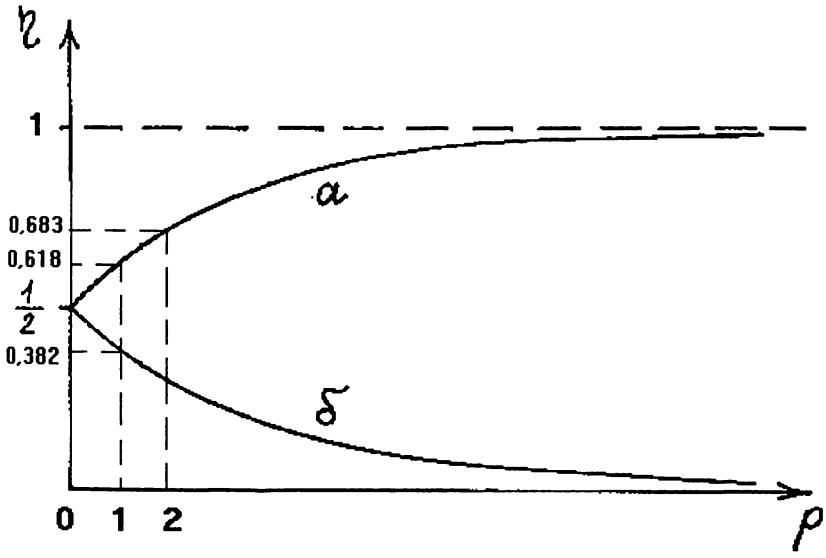


Рис. 1. Качественный вид функциональной зависимости к.п.д. цикла Карно от параметра p золотого p-сечения.

которые свидетельствуют о существовании двух ветвей двойственной структуры процесса возникновения золотого p-сечения в цикле Карно (см. рис. 1).

Указанная структура характеризуется тем, что при любом фиксированном p ($p \geq 0$) во всем интервале возможных значений величины η

$$0 < \eta < 1$$

существуют два таких ее значения, которые связаны с золотым p-сечением, причем одно из них равно самому золотому p-сечению, а другое — его ($p + 1$)-й степени[15]. Эти значения при $p = 0$ совпадают друг с другом и с серединой интервала (вырожденный случай), а с ростом p (при $p > 0$) удаляются друг от друга и от середины указанного интервала (69) (которая продолжает оставаться их средним арифметическим), приближаясь к его границам и асимптотически совпадая с ними в пределе ($p \to \infty$).

При $p = 1$ эти два значения равны соответственно 0,618... и 0,382 $= (0{,}618)^2$, что в сумме дает единицу. Вспомним теперь, что η по сво-

ему физическому смыслу показывает, какая часть производимой рабочим телом работы используется для его охлаждения. Почему же получилось два значения для величины η? Это можно объяснить тем, что у нас есть, как мы уже знаем, две холодильные машины, которые «включаются» поочередно на двойственных ветвях цикла Карно. И если нам удалось за счет технологических ухищрений повысить к.п.д. нашей машины, то мы автоматически ухудшаем к.п.д. холодильной машины Вселенной.

Структурные изменения во внешнем мире (работу) мы производим для того, чтобы изменить функциональную характеристику рабочего тела — понизить температуру, что можно отметить аппаратным средством нашего мира, например градусником. Но одновременно выбрасываемое во Вселенную тепло ухудшает ее структурные свойства (повышается энтропия), что может вызвать в ней функциональные изменения в тех ее точках, где концентрируется это структурное ухудшение.

Двойственность. Эволюционные модели. Приведем некоторые факты и соображения, подтверждающие логику нашего изучения двойственности. Двуликий Янус биологии — структура и функция. По мнению Гамалея[16], развитие структур детерминировано генетически, реализация функций — экологически. Генетически наследуемые структуры выполняют в эволюционном развитии стабилизирующую роль, закрепляя пройденный путь, а экологически зависимые функции — раскачивающую, обеспечивающую поиск направления движения сегодня. Путем участия обоих регуляторных механизмов достигается совмещение направленной (прогрессивной) и адаптивной составляющих эволюции в точке перехода прошлого в будущее. Влияние структуры на функционирование понятно; ей задан диапазон подвижности, амплитуда функциональных колебаний; влияние функциональных колебаний на изменение структуры менее видно, ее механизм — постепенное накопление ничтожно малых сдвигов. Эти изменения хотя и очень малы, но необратимо накапливаются. Биологическое время изменяется структурами, как вехами пройденного пути. По функциональным признакам воссоздание структуры практически невозможно.

Вертикальная детерминированность структурного развития и горизонтальная — функционального дают основания поставить задачу поиска модели, отражающей четырехмерные отношение текущей экологии и эволюции. С ее помощью можно, видимо, описать перекрест времени и пространства в биологической системе координат. Струк-

тура отражает пройденный путь, функциональный трепет — выбор направления движения, поиск следующего шага. Подвижность функций в диапазоне, заданном структурным исполином прошлого, дает некоторое основание предположить вибрационную модель функционального поиска продолжения эволюционного пути в условиях определенной экологии.

Конкуренция и отбор имеют фундаментальное значение для процессов эволюции, но сами по себе они еще не приводят к эволюции. Естественно возникает вопрос: какие механизмы необходимо привести в действие для того, чтобы система, обладающая свойствами самовоспроизведения, мультистабильности, конкуренции и отбора, обрела способность к эволюции? Таким механизмом служат мутации, т. е. случайное производство альтернативных возможностей. Одна отдельная мутация, как правило, означает ухудшение системы в смысле эволюции. Но если случайно возникает новая благоприятная возможность и она усиливается, то эволюция делает шаг вперед. Такие благоприятные возможности называются инновациями. Механизм мутаций присущ самовоспроизводящимся системам. Причина заключается в физических законах квантовой механики и статистической термодинамики, лежащих в основе каждого процесса воспроизведения. Эти законы гарантируют возможность появления ошибки, первопричиной которой являются как квантовомеханические, так и термодинамические флуктуации. Как показал Эйген[17], мутации являются единственным источником новых структур и новой информации. С помощью случайных процессов эволюция может порождать совершенно новые структуры: благодаря им эволюция обретает творческий и скачкообразный характер. Возникновение новой сущности всегда происходит скачком в некий дискретный момент времени (Эбелинг[18]). Можно предположить, что этот скачок соответствует p-му золотому сечению некоторой меры, и новая сущность сумеет занять свое место в мире, если мера, ее характеризующая, будет равна (p + 1)-й степени меры двойственной ей сущности.

Взаимодействие мутаций и отбора в процессах эволюции разыгрывается по следующей общей схеме. Каждая мутация означает возмущение в установившемся на некоторое время равновесии. Мутант приводит к проверке системы на устойчивость относительно появления нового сорта. Если мутация не дает никаких преимуществ по сравнению с существовавшими ранее сортами, то новый сорт исчезает в результате процесса отбора. Система оказывается устойчивой

относительно возмущения. Отбор ведет к уничтожению нового сорта, и система возвращается исходное состояние. Но если оказывается, что мутант обладает определенным преимуществом по сравнению с первоначально имевшимися сортами, то отбор ведет к росту нового сорта. Система оказывается неустойчивой относительно возмущения. Усиливая эти возмущения (мутанты), система постепенно переходит в новое селекционное равновесие, соответствующее переходу на более высокий уровень эволюции. Следовательно, процесс отбора описывает замкнутые петли и открытые спирали, причем последние выводят систему на более высокий уровень эволюции.

В рамках имитационных игр на компьютере показано, что в результате процессов самовоспроизведения, отбора и мутации возникают определенные характерные последовательности символов. Важную роль играет при этом выбранный алгоритм оценивания приспособляемости. Самые интересные и разнообразные структуры возникали в численных экспериментах в тех случаях, когда алгоритм оценивания был внутренне противоречив. Это явление было названо фрустрацией. Типичным для этих экспериментов по численному моделированию было порождение процессом, стремящимся удовлетворить одновременно нескольким противоречивым требованиям оптимальности, весьма сложных и иерархически упорядоченных последовательностей символов. Тем самым, отмечает Эбелинг, затронут весьма общий и глубокий аспект эволюции, заслуживающий более глубокого рассмотрения[19]. Но нам, исходя из нашего понимания двойственности, понятно, что иначе и быть не может. Противоречивые внешние функциональные требования будут, естественно, порождать сложные структуры. При этом выясняется принципиальное сходство между процессами эволюции и сложными техническими проблемами оптимизации.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Природа фирмы. Под ред. О.И. Уильямсона и др. М., 2001.

[2] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник—1969. М., 1969.

[3] Цит по: *Богданов А.* Тектология. Ч.1. М., 1989. С. 143.

[4] *Попков В.В.* Двойственность. Тектологический альманах. М., 2000.

[5] *Гегель Г* Наука логики, М., 1998. С.

[6] *Hegel G.* Enziklopedie der Vissenschafte. Verlag, Berlin, 1975. S.

[7] *Кузнецов П.Г* Тождество и противоположность грамматических и логических

форм // Ильенковские чтения-99: Сб. тез. выступл. на Междунар. научн. конф., 18–20 февраля 1999 г. Москва-Зеленоград.

[8] *Шеллинг Ф.* Сочинения, М., 1998. С. 255.

[9] Там же. С. 154.

[10] *Попков В., Шипицын Е.* Двойственность и золотое сечение в термодинамике // Вестник Международного института А. Богданова. М., 2001. № 3 (7).

[11] *Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш.* Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., 1977.

[12] *Павел Флоренский.* Соч. в 4-х томах, т. 3 (1), М., 1999. С. 463.

[13] *Николис Дж.* Роль хаоса в коммуникативных системах // Синергетика и психология. Тексты. Вып. 2. Социальные процессы, М., 1999. С. 153.

[14] *Стахов А.П.* Коды золотой пропорции. М., 1984.

[15] *Базаров И.П.* Термодинамика. М., 1991.

[16] *Гамалей Ю.В.* Таксономическая и экологическая специфичность структур и функций растений. Ботанический журнал. 1999. Т. 84. № 6.

[17] *Эйген М., Шустер П.,* Гиперциклы: принципы самоорганизации макромолекул. М., 1982.

[18] *Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции (синергетический подход). М., 2001.

[19] Там же.

В.С. Ратников

ОБНОВЛЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ НАУКОЙ ФЕНОМЕНА СЛОЖНОСТИ

В 60-е годы XX в. такие понятия, как «система», «системный подход», «метод системно-структурного анализа», «общая теория систем» для отечественной философии казались новыми и непривычными. Многие авторы (пока довольно осторожно) видели в них значительный эвристический потенциал. К настоящему же времени эти понятия стали настолько популярными инструментами философско-методологических исследований, что порою даже встречаются суждения об их тривиальности (за исключением, быть может, последнего: есть большие сомнения в возможности построения общей теории систем). Тем не менее существуют вопросы, относящиеся к научной, рациональной репрезентации сложных систем, и вообще к системному освоению сложного, которые до сих пор весьма актуальны.

Естествознание все чаще сталкивается с необходимостью исследования сложных динамических систем, а также самоорганизующихся эволюционирующих объектов[1]. Кроме того, специалисты, работающие в социальной и экономической сфере, политике и гуманитарных науках, сознают, что основные проблемы человечества также отличаются сложностью, глобальностью и нелинейностью[2]. Тем самым в XXI в. наука вступает все настойчивее вводя в свою предметную область сложность. Современный научный дискурс уже не избегает сложности.

Сложность стала подлинным объектом научной репрезентации сравнительно недавно. Довольно часто говорят даже о формировании цикла наук о сложном, например, о сложных эволюционирующих объектах. Сложность, как и эволюция, становится трансдисциплинарным научным понятием. Г. Хакен, например, назвал активное вовлечение многообразия сложных систем в орбиту научных исследований своеобразным «вызовом искусству исследователя»[3]. Создаются да-

же специальные научные общества по изучению сложности, например такое, какое уже около десяти лет существует в Германии[4].

Однако так было не всегда. Еще не так давно наука, стремясь к простоте, относилась к сложности негативно или по крайней мере нейтрально, не видя в ней продуктивной и конструктивной значимости ни в онтологическом, ни в эпистемологическом плане.

Какие же изменения и трансформации произошли в методологической культуре, прежде чем наука достигла современного уровня освоения феномена сложности, и каковы основные характеристики этого уровня? Этому и посвящена данная статья.

Традиционно сложность противопоставляют простоте. Последующий анализ обновления методологической культуры в процессе освоения наукой феномена сложности мы представим в виде некоторой историко-методологической реконструкции указанного освоения, разбив динамику последнего на три качественно своеобразных и связанных между собой этапа.

Первый этап охватывает главным образом становление и развитие классической науки. Как известно, среди регулятивных принципов научной картины мира, формировавшейся в эпоху Нового времени, видное место занимал принцип простоты. «Почти три столетия, — отмечают Г. Николис и И. Пригожин, — вера в простоту мироздания на фундаментальном уровне являлась одной из движущих сил классической науки»[5]. Простота к тому же выступала и в качестве идеала научного описания природы. Утверждалось, что мир прост (по крайней мере в смысле его фундаментального устройства), описывающие его законы и модели также просты. Культ разума в Новое время предусматривал, что мир — прост и можно постичь эту простоту, если потрудиться освоить язык, на котором написана книга природы, и уметь задавать ей корректные вопросы. Сложность рассматривалась как своеобразное «инородное тело» в тогдашней картине мира. В ней доминировал принцип сведения сложного к простому, неизвестного и непривычного к известному и более привычному и т. п. Большую роль в утверждении такой позиции сыграли атомистические идеи и вообще аналитический подход к исследованию природы.

Среди способов описания природных объектов, которые формируются в это время, наиболее эффективными становятся так называемые динамические способы, которые вскоре приобретают парадигмальный статус. Эти способы описания ориентируют исследователя на простоту описания (прежде всего в смысле формальной про-

стоты математических средств) простых же объектов — материальных точек, идеальной жидкости, абсолютно твердого тела и т. п. Выделим два принципа динамических способов описания: 1) основное уравнение движения, выражающее физический закон; 2) определенные начальные условия. Предполагается, что знание основных физических законов некоторой материальной системы и строгое и точное задание ее начальных условий в определенный момент времени позволяют полностью и исчерпывающе описать (теоретически репрезентировать) все изменения этой системы, включая ее прошлое и будущее. При этом динамика рассматриваемой системы не приводит к качественным преобразованиям; происходит непрерывное развертывание форм лишь в количественном плане.

Ориентацию на простоту мира и простоту его описания можно рассматривать в контексте концепции детерминизма, которая в методологической культуре этого периода занимает ведущее место, особенно в лапласовской его версии. Известно, что научные истоки детерминизма находятся прежде всего в астрономии, а философские — уже в концепции Демокрита и даже еще ранее в древней мифологии. Эта концепция сама становится ко второй половине XVIII в. наиболее простой и интеллигибельной моделью. Простоту, наглядность ей придавала ориентация на механику как первую эффективную физическую теорию. В рамках тогдашнего детерминизма все связи и отношения старались рассматривать сквозь призму механики, т. е. имеющие строго однозначный характер. Неоднозначность и неопределенность в связях и отношениях, вообще говоря, допускалась, но истолковывалась как неполное выражение знаний об исследуемых объектах, лишь как подход к истине, либо как результат некорректной постановки задачи. Однозначность и необходимость почти не различались. Поэтому среди динамических способов описания на первый план выдвигаются жесткодетерминированные способы описания, в которых и предполагается возможность расчета, вычисления однозначных предсказаний поведения объектов в соответствии с принципами лапласовского детерминизма. Именно определенность, упорядоченность, закономерность мироустройства и логическая последовательность, системность его описания, а также однозначная предсказуемость его динамики — все это созвучно с упоминавшимися выше идеалами простоты в ориентации научного дискурса. А что же со сложностью? Каков ее статус?

Если ответить кратко, то ее считали недоступной для познающего субъекта. При этом чаще других выделяли две причины. Во-пер-

вых, это чрезмерно большое количество элементов, составляющих изучаемый объект; во-вторых, недостаток предварительной информации об этом объекте. Сложность в таких ситуациях либо игнорировали (старались не замечать), откладывая ее исследование на более позднее время, когда станут более совершенными средства исследования (например, математический аппарат, экспериментальная техника и т. п.), либо считали, что сложность такого вида вообще не познаваема, непостижима. Более умеренная позиция выглядит так: сложность отражает неполноту знания некоторого числа переменных, но при этом не было сомнения в существовании простых законов, связывающих эти переменные.

В этой связи весьма показательна эволюция представлений о случайности, так как это понятие часто переплетается с понятием сложности. Как и сложность, случайность в научном дискурсе этого периода, игнорировали, либо чрезмерно принижали ее онтологический и эпистемологический статус. Исследователи указывали на то, что случайность слишком сложна, чтобы быть научно (т. е. рационально) постижимой. Хотя традиционно в этот период случайность интерпретировалась с субъективистских позиций, однако предпосылки объективного толкования случайности можно найти уже у Эмпедокла. Например, Б. Рассел пишет об этом так: «Эмпедокл рассматривал ход вещей как регулируемый скорее случайностью и необходимостью, чем целью. В этом отношении его философия была более научной, чем философия Парменида, Платона и Аристотеля»[6].

Второй специфический этап на пути освоения наукой феномена сложности (и случайности) связан, во-первых, с формированием статистической физики (кинетическая теория газов, статистическая механика) и, во-вторых, со становлением и развитием кибернетики, а также примыкающих к ней теории информации, теории систем и т. п. Рассмотрим сначала первую связь и особенности тех изменений методологической культуры, которые произошли при этом.

Ограниченность доминировавших ранее классических воззрений на случайность и классических способов ее описания стали заметными при построении кинетической теории газов как специфической физической теории. Однако становление статистических представлений в физике как «работающих» физических идей связано прежде всего с именами Р. Клаузиуса, Д. Максвелла, Л. Больцмана, У. Гиббса. Разрабатывая кинетическую теорию газов, рассматривая газ как сложный объект, состоящий («сложенный») из огромнейшего

числа частиц, Клаузиус понял, что прямыми методами механики эту задачу решить нельзя, что для этих исследований нужно видоизменение методов. Именно об этом говорит введенное им понятие «средних» при характеристике состояний движения молекул газа. Это давало возможность перейти от механики систем частиц к исследованию физического состояния систем, образованных из огромного числа молекул. По словам Максвелла, главная заслуга Клаузиуса «заключалась в том, что он открыл новую область математической физики, показав, каким образом можно математически трактовать движущиеся системы бесчисленного количества молекул»[7]. Методологически оценка нововведений Клаузиуса крайне важна. Имеем ли мы здесь дело только с огрублением методов механики или же с зарождением существенно новых методов и способов описания?

Д. Максвелл, по-видимому, первый расценил это видоизменение методов как имеющее не просто вспомогательное, а принципиальное значение. Он ясно осознал, что в ходе разработки молекулярно-кинетической теории газов происходит переход от строго динамических методов механики и жестко-детерминистских способов описания к новым вероятностно-статистическим способам описания.

Развивая нововведения Клаузиуса, Максвелл перешел от представлений о средних значениях величин, характеризующих движение молекул в макросистемах, к представлениям о вероятностных распределениях значений этих величин. Для отображения свойств и закономерностей материальных систем стало использоваться понятие вероятностного распределения — оно является центральным в многочисленных и разнообразных приложениях теории вероятности. Иными словами, здесь имеет место тенденция к точному описанию больших систем, состоящих из элементов, ведущих себя хаотично.

Одной из первых физико-теоретических моделей, строго и точно описывающих случайность (случайные, стохастические процессы в физическом мире), как раз и явилась модель идеального газа и связанная с ней функция распределения, которая становится ядром первых вероятностно-статистических способов описания.

В молекулярно-кинетической теории, как известно, допускались два типа законов — динамические и статистические. При этом предполагалось, что каждая отдельная молекула, как и вся масса газа, подчиняется динамическим законам классической механики. Вместе с тем микросостояние газа в любой данный момент времени не зависит от его микросостояния в начальный момент времени. На это

еще указывал сам Л. Больцман[8]. Исходя из этих предположений, Больцман разработал статистическую версию второго начала термодинамики и вывел важную формулу, связывающую энтропию замкнутой системы с вероятностью данного ее состояния. Энтропия же, как известно, — это величина, выражающая степень неупорядоченности системы. Связывая энтропию с вероятностью, Больцман считал, что термодинамическому равновесию системы соответствует максимум вероятности данного состояния. Он достаточно четко поставил проблему соотношения между законами, описывающими поведение отдельных частиц, и законами, описывающими поведение большой их совокупности, как проблему методологического характера. Уже в его работах подчеркивалась принципиальная невыводимость статистических законов движения молекул газа из законов классической механики, которым подчинено движение каждой отдельной молекулы. Л. Больцман сформулировал постулаты (например, принцип эргодичности[9]), выполнение которых обеспечивало возникновение статистической закономерности на фоне индивидуальных движений отдельных молекул по динамическим законам классической механики. Тем самым методологическая культура на данном этапе освоения наукой случайности (и сложности) заметно обогатилась новыми средствами, изменившими прежнюю парадигму.

Последующие преобразования в физической картине мира, связанные с формированием СТО и квантовой механикой, не внесли радикальных изменений в методологическую культуру освоения наукой сложности. (Хотя по отношению к квантовой механике можно отметить такую новацию онтологического характера — интерпретацию случайности как проявления вероятностных свойств не только на статистическом уровне, но и на уровне — и это особенно важно — индивидуального единичного микрообъекта.). Такие изменения внесла главным образом кибернетика и связанный с ней системно-структурный подход, породивший даже свою новую (системную) методологию. В ее рамках «сложность системы определяется числом элементов системы и характером связей между ними, степенью и разнообразием их взаимодействия»[10]. Большие, сложные системы характеризуются большим числом (десять в четвертой — десять в седьмой степени и выше) элементов и массовым случайным их взаимодействием. Это стохастические (в кибернетическом смысле), вероятностные системы. Поведение каждого элемента в них нельзя проследить и предска-

зать полностью, но с помощью вероятностно-статистических способов описания можно оценить совокупный эффект.

Однако естествознание впервые столкнулось с большими системами еще в молекулярно-кинетической теории и статистической термодинамике. Затем стохастический подход к таким системам и вероятностно-статистические способы описания утвердились в атомной физике, метеорологии, биологии и т. д. Кроме того, индуктивная логика и так называемая теория эксперимента[11] обогатились методами математической статистики. Заметную роль в обогащении методологической культуры освоения феномена сложности сыграла кибернетика, в предметную область которой как раз и входят большие сложные системы. Важной частью кибернетики является, как известно, стохастическая концепция информации и управления. Кроме того, Н. Винер указывал на связь кибернетики с новой физикой и созданной ею вероятностной концепцией Вселенной[12].

При этом кибернетика, так сказать, «дорисовывает» уже относительно сформировавшуюся вероятностно-статистическую картину мира, показывая условия (и отчасти механизмы) устойчивости больших систем, пути борьбы с рассеянием энергии и ростом хаоса в них. Помимо этого на формальном уровне информация была отождествлена с отрицательной энтропией. А обратная связь позволяет обращать причинность, формируя целенаправленное «поведение».

Механизм обратной связи призван сделать систему более устойчивой, надежной и эффективной. В широком смысле понятие обратной связи означает, что часть выходной энергии аппарата или машины возвращается на вход. Положительная обратная связь прибавляется к входным сигналам и корректирует их. Термин «обратная связь» применяется также и в более узком смысле для обозначения того, что поведение объекта управляется величиной ошибки в положении объекта по отношению к некоторой специфической цели. Механизм обратной связи делает систему иной, повышая степень ее внутренней организованности и создавая возможность в перспективе говорить о самоорганизации.

Тем самым кибернетика внесла важный вклад и в общую теорию систем, обогатив и расширив ее математический аппарат. «При математическом описании достаточно сложной системы, — пишут специалисты в этой области, — неправомерно говорить о модели вообще (как единственно приемлемой. — *Р.В.*). Существует ряд моделей, каждая из которых способна дать ответ на вполне определенный круг кон-

кретных вопросов о поведении системы, причем каждая из них имеет свою математическую структуру. Более того, нельзя говорить о сложности системы в каком-то одном единственном значении этого понятия. Система может быть сложной в одном смысле и «простой» в другом»[13], т. е. имеет место своеобразный принцип дополнительности, связанный с относительностью к уровню организации систем.

Поэтому в этот контекст научного дискурса следует ввести также идею уровней и понятие организации, что характеризует своеобразие рассматриваемого здесь второго этапа освоения наукой феномена сложности. Как известно, уже в физике твердого тела возникают комплексные исследования в связи с тем, что объект сложен и членится многопланово на разные уровни.

Соотнесение сложности и организованности часто выглядит довольно условным, относительным, тем более если учесть различие уровней организации систем, хотя, например, при исследовании газов об организации и об организованности говорить не приходится.

Учитывая качественное различие уровней организации, справедливым оказывается утверждение о том, что одна и та же система на определенном уровне и в определенном отношении может быть сложной и организованной, а на другом уровне и в другом отношении — более простой и менее организованной. Это приводит к тому, что универсальной меры сложности и организованности, по-видимому, не существует.

Проблему соотношения сложности и организованности рассматривают также на основе понятия разнообразия. Еще Д. Нейман показал, что в общем случае сложность систем есть не только функция их разнообразия, но и функция (вообще говоря, нелинейная) числа элементов и подсистем[14]. Далее было показано, что объективно существуют условия, при которых изменения разнообразия (сложности) может прямо коррелировать с изменениями относительной организованности системы. А успешнее оценка того и другого будет тогда, когда для сравнения берут существенно различные системы.

Кроме того, было установлено, что система тем легче «справляется» с разнообразием, сложностью поступающих сигналов, самим объемом информации и объемом ответных реакций, чем больше у нее степень и уровень организованности. Одним из примеров проявления такой ситуации является закон необходимого разнообразия Эшби[15]: чтобы оставаться устойчивой, система должна иметь величину внутреннего разнообразия (сложности) не ниже поступающего

извне воздействия (в том числе и разрушающего). При изучении ситуации возможного порога минимальной сложности, было показано, что если устранить избыточную сложность (разнообразие), т. е. минимизировать сложность при той же организованности, то по изменению сложности можно хотя бы приблизительно судить об изменении относительной организованности сравниваемых систем. Сложной считается та система, которая содержит в себе различные подсистемы, имеющие в общем случае различные уровни организации. С кибернетическо-управленческой точки зрения «средний уровень сложности системы может рассматриваться как своеобразная мера власти человека над природой, некоторый гуманитарный показатель состояния науки и техники в данное время»[16].

Соотнося сложность и организованность систем, в кибернетике было развито понятие иерархической системы. Принцип иерархичности, следование которому выражает также и своеобразие второго этапа освоения наукой феномена сложности, стал рассматриваться как фундаментальный принцип строения любой системы, образованной на определенной ступени возрастания ее сложности[17].

Помимо идеи иерархичности при изучении сложных систем (особенно среди биологических объектов) видное место отводится также концепции уровней и уровневому подходу, о которых шла речь выше. Все это во многом послужило основанием переориентации кибернетики на проблему самоорганизации, в том числе рассматривая последнюю как разновидность сложного поведения (функционирования) систем. Здесь еще раз обратим внимание на фундаментальную значимость работ Д. Неймана в этой области.

По мере развития кибернетики, примерно к 60-м годам XX в., разработка теории самоорганизации становится одним из главных направлений в науке. Проблема самоорганизации, как и проблема организации, отмечает Н. Винер, — «это тема глубокого социологического, равно как и биологического, значения, связанная с теорией информации теснейшими узами». Важное значение в этом плане сыграли разработка и применение концепции обратной связи. Было показано, насколько существенна роль последней в динамике больших, сложных систем. При изучении этой динамики с необходимостью использовались вероятностно-статистические способы описания. Тем не менее традиционная модель газа, воплощающая в себе идею случайности, по-прежнему имела парадигмальный статус, хотя при анализе, например, стохастичности биологических

объектов она оказывалась слишком упрощенной или даже чрезмерно грубой.

Для того чтобы подчеркнуть специфику современного подхода к исследованию феномена случайности как действительно сложного феномена, вводят модель, предполагающую различение по крайней мере двух видов случайности — массовой (в традиционном смысле) и индивидуальной (специфичной для биологических объектов, а также и для квантово-механических систем).

Индивидуальная случайность трактуется иногда как внутренняя сложность системы. Важную методологическую роль при выделении внутренней сложности имеют исследования, базирующиеся на идеях Н.А. Бернштейна. После выдвинутой Бернштейном идеи о том, что у любого живого организма существуют планы его будущего поведения, стало ясно, что организм нельзя описать простыми схемами, включающими только его память (прошлое системы) и реакции на внешние стимулы (настоящее системы). Живая система (биологический объект) всегда в какой-то мере обращена в будущее, при этом действует и обратная связь. А включение планирования будущего как важнейшего составного звена управления предполагает выделение соответствующей подсистемы.

Таким образом, на втором этапе освоения наукой сложности на примере исследования случайности первоначальный агностицизм и субъективизм уступают место реальной разработке эффективных средств изучения случайных процессов и массовых явлений, формированию специфичных вероятностно-статистических способов описания с качественно новыми модельными объектами, что вполне можно рассматривать как обновление методологической культуры. Уже на этом этапе обнаруживается междисциплинарность при исследовании больших сложных (эволюционирующих) систем. Это нашло свое яркое выражение, например, в методе системного моделирования. Этот метод обеспечивает достаточно высокую степень предсказуемости при описании динамики таких систем, как биосфера, экосистема и др. Однако часто возникает острая потребность в предсказании поведения других сложных объектов, объектов несколько иного типа, таких, как погода, климат и т. д. Тем не менее ситуация, при которой новейшие физические теории, такие, как квантовая теория поля, наряду с кибернетикой позволяющие описывать трансмутации элементарных объектов с участием квантовых полей как бесконечномерных физических систем, а также описывать эволюцию

Вселенной, — эта ситуация может рассматриваться как существенная веха на пути освоения сложности и формирования новых способов описания.

Подчеркивая значимость того, что в предметную область большинства современных научных отраслей все чаще входят сложные системные объекты и сложные процессы, ряд авторов расценивают такую ситуацию как дополнительное свидетельство неклассичности современной науки.

Третий этап освоения наукой феномена сложности прежде всего характеризуется отказом от приоритета простоты как регулятивного методологического принципа научного познания. Мир уже не предстает исследователю простым, и простота перестает быть идеалом его описания. Например, по отношению к современному физическому познанию известный физик-теоретик Я.Б. Зельдович (в отличие, например, от А. Эйнштейна) выражает позицию отхода от идеала простоты описания природы, вполне допуская, что новая единая физическая теория окажется сложнее нынешних, прежде всего вследствие использования более изощренных и хитроумных теоретических моделей пространства и времени.

Сказанное выше, однако, не означает, что простота исключается из списка научно-познавательных регулятивов. Простые объекты и простые же способы их описания по-прежнему остаются более предпочтительными, как правило, в новых областях и на начальных стадиях исследования. Однако теперь все чаще изучают простые объекты, но со сложным поведением, сложной динамикой (своеобразная «сложность простоты»). В современной динамике была доказана возможность случайного, хаотического поведения простых объектов (простых динамических систем). Уже здесь мы сталкиваемся с переориентацией научного дискурса на новые, нелинейные способы описания, которые впервые сформировались еще в механике (в классической динамике).

Действительно, поистине прорывом в изучении феномена сложности явилось развитие в XX в. нелинейных способов описания. Это определяет лицо рассматриваемого третьего этапа освоения наукой феномена сложности. Здесь прежде всего следует отметить разработку весьма общей, но достаточно широко применимой теории, имеющей к тому же ярко выраженный междисциплинарный характер, — речь идет о теории динамических систем, или нелинейной динамике. Один из основателей современной теории динамических систем А. Пуанка-

ре на рубеже XIX–XX вв. подвергал тщательному математическому анализу качественно различные типы поведения систем, описываемых взаимосвязанными нелинейными уравнениями. В этом плане механика как наука о простых объектах обнаруживает в своей предметной области и в способах ее описания новые уровни, которые простыми назвать уже нельзя. Однако в математике и естествознании все же остается заметной тенденция к простоте способов описания (сложное по разным соображениям стараются описывать попроще).

В современных трактовках динамики как общей теории механического движения делается акцент именно на нелинейность, т. е. чаще имеют в виду нелинейную динамику. И вообще, в естествознании имеет место ориентация преимущественно на нелинейные способы описания, тем более если мы хотим описывать сложные эволюционирующие объекты.

Предметом нелинейной динамики становятся, в частности, сложные движения, не репрезентируемые традиционными динамическими способами описания. Хорошо известными примерами здесь могут быть динамика нелинейных диссипативных систем, динамика странного аттрактора и т. п. В рамках нелинейной динамики, как уже отмечалось, было доказано существование ситуаций, в которых простая, жестко-детерминированная система вследствие своей неустойчивости способна вести себя хаотично, сложно. Такие простые объекты, но со сложным поведением, действительно требуют для своей теоретической репрезентации нелинейных способов описания. Это относится также и к таким с первого взгляда простым объектам, как солитоны.

Уже отмечалась связь сложности и организации. Однако на третьем этапе важен акцент не столько на организацию, сколько на самоорганизацию. При этом одной из особенностей обновления методологической культуры на третьем этапе является возникновение эффективных средств научной репрезентации самоорганизации как общего (или даже универсального) свойства сложных систем. Ранее уже упоминались первые теоретические модели самоорганизации Д. Неймана, относящиеся к техническим системам. Важно отметить, что тогда имелись в виду именно технические, а не природные системы. Теперь же, благодаря успехам новых отраслей динамики систем, кибернетики и развитию нелинейных способов описания, оказалось возможным вскрыть внутренние механизмы самоорганизации. Мы теперь уже знаем, что самоорганизация характеризуется возник-

новением внутренне согласованного функционирования или коллективного движения в открытых системах за счет их внутренних связей и со своеобразным учетом их предыдущей «истории».

В свое время при изучении динамики самовоспроизводящихся автоматов (как разновидности самоорганизующихся систем) Д. Нейман обнаружил уменьшение сложности при изменении качественной определенности системы для линейного подхода к изучению динамики автоматов. Изучение феномена самоорганизации привело к изменению традиционных представлений о динамике сложных систем, в том числе за счет освоения нелинейных способов описания. Тем самым в научный дискурс вводятся способы описания, позволяющие в научно-теоретическом языке репрезентировать качественные преобразования объекта. Иными словами, нелинейные способы описания позволяют в этом случае репрезентировать не только изменения количественных характеристик и параметров состояния рассматриваемого объекта (при сохранении его структурной определенности и общей формы его траектории), но и изменения характера его динамики, например, так называемое «ветвление» траектории в точке бифуркации и/или «выход» динамики объекта на аттрактор. В традиционном же плане самоорганизация происходит лишь в больших многоэлементных системах, как правило, в системах иерархического строения и способных к эволюции.

Идея эволюции, в том числе эволюции как направленной самоорганизации, относится к числу наиболее продуктивных идей в науке XX в. К тому же эта идея носит теперь ярко выраженный трансдисциплинарный характер. Учитывая трансдисциплинарность современных трактовок эволюции, а также исключительную широту и общность современной концепции эволюционизма, отметим, что теперь «мы перестаем смотреть на явления, вещи или объекты, которые требуются описывать такими, какими они **есть.** Вместо этого мы описываем явления в терминах того, какими они **будут.** ...Мы ищем простейшую возможную схему, способную объяснить, как были **порождены** факты», причем прогноз, это «будущее» мы стремимся описать количественно или по крайней мере эксплицитно[18]. Тем самым сложность самоорганизующихся систем, определяемая через нелинейность, вынуждает говорить не только о самоорганизации, но и об их эволюции.

В современных концепциях эволюции, в современном понимании эволюции как общенаучной и трансдисциплинарной идеи видное ме-

сто занимают понятия неустойчивости и неравновесности. В этом — одна из важнейших особенностей третьего этапа освоения наукой феномена сложности. Было показано, что системы, не обладающие неустойчивостью, не могут эволюционировать. Теория же эволюции относится не ко всему разнообразию изменений и даже не ко всем видам направленных изменений, а к необратимым изменениям. И в этом смысле эволюция рассматривается как сложный процесс, и по-настоящему она осваивается наукой именно на третьем этапе, причем теперь уже не на традиционном уровне жестко-детерминистичных законов физики. И. Пригожин писал по этому поводу следующее: «Детерминистические законы физики, некогда бывшие единственно приемлемыми законами, ныне предстают перед нами как чрезмерные упрощения, почти карикатурой на эволюцию»[19]. Сложность процесса эволюции обнаруживается в необходимости учета ее внутренних механизмов, если мы хотим описать этот процесс в полном объеме.

Действие внутренних механизмов поведения сложной самоорганизующейся или даже эволюционирующей системы тесно связано с нелинейностью этой системы, нелинейностью ее природы и динамики. Здесь существенную роль играют флуктуации. Их статус — как онтологический, так и методологический — радикально меняется по мере освоения наукой феномена сложности. Здесь также можно говорить и об изменении методологической культуры. Рассмотрим хотя бы вкратце эти изменения статуса флуктуации.

Долгое время флуктуации рассматривались как инородные образования; при описании физических объектов от них старались избавиться. Теперь же с возникновением и развитием неравновесной термодинамики открытых систем было показано, что флуктуации играют существенную, конструктивную роль в динамике физических объектов; в определенных ситуациях они даже ответственны за возникновение новой качественной определенности рассматриваемого объекта.

В новом подходе к флуктуациям своеобразно сочетаются идея спонтанности и идея детерминистичности. Первая из них несет с собой неопределенность и локальную непредсказуемость поведения системы; вторая же — эксплицитность, предсказуемость, достаточно строгую последовательность смены этапов динамики. Научные исследования последних лет привели к следующей закономерности смены этапов динамики: спонтанные флуктуации → образование структуры и усиление флуктуаций → выход на устойчивый режим

и образование упорядоченной стабильной структуры (в процессе самоорганизации). Эта закономерность отражает определенный вариант единства во многообразии на первый взгляд хаотичных движений, причем во многообразии проявлений случайного, сложного.

Действительно, за спонтанно возникающими флуктуациями следует своеобразный отклик, стремящийся вернуть систему в начальное состояние. Флуктуация рассматривается как случайное явление, в то время как отклик на нее происходит в соответствии с детерминистскими законами, хотя и, возможно, статистическими (в контексте вероятностно-статистических способов описания). Многочисленными исследованиями случайных флуктуаций было установлено, что в точке образования новой структуры флуктуации усиливаются, достигая макроскопического уровня, и делают устойчивым новый режим, который представляет структуру, возникающую вслед за неустойчивостью. Тем самым мы имеем здесь переходный процесс упорядочивающегося взаимодействия компонентов сложной системы, приводящего к образованию устойчивых структур. Именно с образованием таких структур главным образом связаны процессы самоорганизации. Все это может рассматриваться как еще один шаг научного дискурса на пути освоения наукой феномена сложности.

Отметим еще раз, что со спонтанно возникающими флуктуациями связывают эффекты неопределенности в динамике объекта и, в частности, неопределенности в процессе его эволюции. Однако неопределенность в поведении объекта может возникать не только за счет спонтанности флуктуаций. Например, в случае микрообъекта это может иметь место за счет его квантовой природы (это может иметь место даже в нерелятивистской ситуации). Осознание в науке изменения статуса флуктуаций формирует у многих исследователей убеждение в фундаментальности статистического подхода и относительной самостоятельности вероятностно-статистических способов описания. Действительно, переменные, относящиеся к состоянию систем, которые описываются в рамках вероятностно-статистических методов, следует понимать в статистическом смысле. «Это означает, — поясняют Г. Николис и И. Пригожин, — что такие переменные представляют собой либо средние значения по мгновенным состояниям на длинном временном интервале, либо, возможно, наиболее вероятные, которые могут приниматься этими переменными»[20].

Тем не менее не следует абсолютизировать фундаментальность статистического подхода и относительную самостоятельность веро-

ятностно-статистических способов описания. На современном этапе освоения наукой случайности и сложности более адекватно говорить о дополнительности жестко-детерминистских и вероятностно-статистических способов описания. Это является в определенной мере отражением ситуации, которую Г. Николис и И. Пригожин описывали следующим образом: «С классической точки зрения существует резкое различие между возможностью и необходимостью, между стохастическим и детерминистическим поведением; в действительности же наблюдается более тонкая ситуация. Существуют различные формы случайности, причем некоторые из них связаны с хаотическим поведением решений простых детерминистических уравнений»[21].

Отказ от прежде резкого противопоставления жестко-детерминистских и вероятностно-статистических способов описания отражает общую тенденцию современного научного мышления к повышению степени свободы мысли (прежде всего мысли теоретика), к либерализации критериев рациональности. В частности, изменения в трактовке статуса флуктуации вместе с развитием нелинейных способов описания привели к изменениям и в понимании соотношения хаоса и порядка. В картине мира классической науки хаос и порядок различались весьма резко, были часто несовместимы друг с другом. Теперь же можно говорить даже о своеобразном взаимопереходе порядка и хаоса. Как отмечал И. Пригожин, роль случайности изменилась теперь настолько, что она (случайность) стала ведущей детерминантой человеческого бытия[22].

Как уже отмечалось, прогресс в освоении наукой сложности не устраняет стремления исследователей к простоте описания, и в особенности описания тех сложных объектов, которые ранее вообще были недоступны для научно-теоретического исследования. К таким объектам относится, например, климат. Еще не так давно динамика климата определялась чисто статистической (вероятностной) природой этого объекта (так сказать, внешним хаосом). Современные же исследования нелинейных динамических моделей климата показали, что его динамика в основном определяется лишь четырьмя фундаментальными параметрами, на которые «накладывается» действие в основном внутренней хаотичности климатического процесса. Иными словами, здесь оказывается, что сложность и стохастичность динамики физического объекта — не столько внешняя (всего лишь четыре фундаментальных параметра), сколько внутренняя, главным образом вследствие флуктуаций и бифуркаций.

Другим примером в этом плане может служить достаточно простой способ описания такого сложного явления, как электрическая активность мозга в глубоком сне так, как она фиксируется в электроэнцефалограмме. Это явление можно достаточно эксплицитно репрезентировать посредством нового математического объекта — фрактального аттрактора и описать как динамический процесс, включающий всего лишь пять фундаментальных переменных, на которые примерно так же, как в случае с климатом, «накладывается» внутренняя сложность, хаотичность. Иными словами, мозг ведет себя как система с внутренней сложностью и к тому же с локальной непредсказуемостью. Последняя характеристика требует пояснений. Их мы сделаем несколько позже, а сейчас отметим еще один момент, связанный с упрощением описания динамики объектов (вновь здесь имеет место простота сложного).

Такую процедуру довольно часто можно реализовать, например, через понижение числа степеней свободы нелинейной динамической системы, к которой, вообще говоря, можно отнести и уже упоминавшиеся климат и электрически активный мозг. Осуществляется это понижение, с одной стороны, в окрестности точки бифуркации, а с другой — при «выходе» динамической системы в режим с аттрактором, причем обе стороны реализуются в ситуации фазового перехода. Метод понижения числа степеней свободы связан еще с одним методом, отражающим установку на простоту сложного, — с так называемым методом агрегирования (укрупнения) в имитационном моделировании сложных систем, например, в глобальном моделировании экологических систем.

В современной науке уже не абсолютизируют статус познавательного регулятива простоты. Например, в свое время известный современный философ науки М. Бунге не раз даже называл этот регулятив мифом. Теперь уже осознан утопизм прежней методологической установки, доминировавшей на первом и отчасти втором из отмеченных здесь этапов, — установки на простоту, экономность описания и объяснения простых объектов.

В этом же контексте можно рассматривать и трактовки рациональности. Рассуждая несколько огрубленно, можно сказать в этой связи: разуму проще (легче, «экономнее») осваивать более простой объект. Здесь уместно напомнить знаменитые дискуссии второй половины XIX в. о статусе принципа экономии мышления. Если заменить естественный разум искусственным (например, в русле проблематики

искусственного интеллекта), то мы можем прийти к известному принципу экономии машинного времени, который имеет теперь важное практическое значение.

Видеть в стремлении к простоте рационалистскую установку нередко вынуждает нас опыт становления и развития классического естествознания. В методологической культуре традиционный образ научности и рациональности знания складывался прежде всего по мере становления норм и идеалов классической науки. Как уже отмечалось, на первом этапе, в период господства лапласовского детерминизма с последним ассоциировалась также и рациональность, ставшая затем традиционной, классической. Рациональностью считалась линейная упорядоченность, закономерность, системность устройства, строения мира (рассматриваемого все же как механизм, а не организм) и знания о нем. Долгое время доминировала ориентация на идею простоты мироустройства и простоты, экономности способов его описания; под этим же углом зрения формировались и соответствующие критерии рациональности (в том числе в соответствии с аналитическим подходом, распространенными тогда версиями детерминизма и редукционизма). Отсюда, по-видимому, более приемлемо рассматривать нерациональное или иррациональное как более сложное, чем рациональное (сложнее для скрупулезного и методичного разума, чем, например, для нерефлексирующей веры).

Вернемся, однако, к упомянутой выше локальной непредсказуемости. Термин «локальный» мы вводим для того, чтобы смягчить и приблизить к реальности те часто поспешные истолкования нетрадиционной ситуации в научном познании, которые (истолкования) вслед за успехами нелинейной динамики и неравновесной термодинамики открытых систем ведут к отрицанию за наукой в качестве необходимой предсказательной функции. Эти истолкования во многом коррелируют с современными версиями антисциентизма (например, постмодернизма).

Начиная с эпохи Нового времени, со времени формирования принципов классической науки (лапласовский детерминизм, соответствующие нормы и идеалы научного познания и адекватные им критерии рациональности), предсказательная функция науки рассматривается как одна из главных и существенных и — в том числе — отражающих рациональность научного познания. Лапласовский вездесущий Ум, при наличии необходимых начальных условий, не имеет, вообще говоря, ограничений своим предсказательным возможностям. Такое убеждение сохранилось в науке (в физике в том числе) вплоть до се-

редины XX в. «Лояльное отношение физиков к возможности прогнозирования макроскопических систем, — пишет специалист в этой области, — существенно изменилось лишь после того, как были обнаружены явления типа динамического хаоса»[23], т. е. после успехов новой междисциплинарной (и даже общенаучной) отрасли — теории динамических систем. Глубокие исследования в этой и смежных с ней областях привели науку к осознанию того факта, что во многих (если не в большинстве) ситуациях существуют пределы предсказуемости поведения в них динамических систем (не случайно так был назван недавно вышедший сборник[24] по этим проблемам).

***

Подводя итог проведенного анализа изменения методологической культуры в процессе освоения наукой феномена сложности, следует отметить, что выделенные здесь три этапа освоения отражают лишь некоторые, хотя, на наш взгляд, и важные составляющие этих изменений. Отметим их кратко, увязывая изменение трактовки сложности также с изменением трактовки случайности.

На первом этапе доминировали механистическая картина мира, линейные, жестко-детерминистские способы описания, аналитический подход к объекту исследования; в приоритете были исследования «механизмов», а не «организмов»[25]. Традиционным на этом этапе было в общем негативное отношение к сложности и случайности — их неприятие естественнонаучным сообществом, даже их отвержение. Определенную роль здесь сыграли как прежнее психологическое отторжение, так и неразвитость материальных (экспериментальных) средств исследования и математических способов описания сложных объектов.

На втором этапе отметим:

а) выдвижение и реализацию идеи усредненного описания ансамблей (больших, мнгоэлементных систем) и появление специфичных вероятностно-статистических способов описания наряду с ранее доминировавшими жестко-детерминистскими способами описания, что в конце концов ведет к осознанию многообразия, многоликости случайности, а тем самым и сложности;

б) исследования больших многокомпонентных систем, руководствуясь идеей уровней и идеей иерархии;

в) начало эксплицитного изучения организмов и других самоорганизующихся систем, репрезентируемых нелинейными способами описания и нелинейными моделями.

В отношении третьего этапа отметим следующие наиболее важные особенности:

а) преобладание нелинейных способов описания, способных достаточно эксплицитно репрезентировать качественные преобразования сложных объектов и их возможную самоорганизацию, в результате чего возникают новые структуры;

б) радикальные изменения в трактовке статуса флуктуации и осознание фундаментального значения многоуровневости случайности, что дополняет отмеченные ранее, еще на втором этапе, многоообразие и многоликость случайности и сложности. Специфичность третьего этапа состоит в том, что случайность на определенном уровне может играть «конструктивную» роль и, учитывая новый статус флуктуации на этом этапе, упомянутая случайность (точнее случайно ведущие себя объекты) приводит к образованию новых структур. Конструктивная роль случайности нашла свое яркое выражение в изменении традиционного понимания соотношения порядка и хаоса;

в) новый статус принципа простоты. Ранее преобладала установка на простоту способов описания простых объектов. Теперь же (хотя отчасти уже со второго этапа), во-первых, наука уже не избегает с самого начала теоретически (и прежде всего математически) исследовать сложность — сложные, многокомпонентные, многоуровневые системы, создавая при этом новые средства упрощения (например, средства понижения размерности в нелинейных моделях); во-вторых, наукой осознано, что простые объекты могут вести себя весьма сложно, и наука же, открыв это, оказалась в состоянии теперь достаточно просто описывать это сложное поведение и даже прогнозировать его, хотя и учитывая уровень локальной непредсказуемости;

г) изменения в понимании соотношения простоты, сложности и предсказуемости. Классическая наука предполагает, что простота и предсказуемость совместимы в рамках механистической картины мира и лапласовского детерминизма. Однако на современном этапе, как отмечалось выше, формируется концепция локальной непредсказуемости, вырастающая из опыта применения нелинейных моделей в неравновесной термодинамике, синергетике, современной теории динамических систем и др. Опыт обобщающих исследований показывает, что сложно то бытие, которое мало предсказуемо, плохо

предсказуемо, либо — тем более сложно то, что вообще непредсказуемо.

Таким образом, можно говорить об обновлении методологической культуры в процессе освоения наукой феномена сложности, об изменения форм научного дискурса, которое среди прочего проявляется в качественном многообразии трактовок динамики, в тенденции к полиморфизму, в допустимости или даже оправданности многовариантности форм поведения объектов. И все это было выявлено и понято прежде всего благодаря активному освоению нелинейных способов описания, позволяющих научно репрезентировать как поведение сложных эволюционирующих объектов, так и механизмы их качественных изменений в процессе самоорганизации, что может сопровождаться — и это особенно важно — также и изменениями самой динамики поведения. Причем эти «механизмы» трактуются и описываются теперь уже, конечно, не с позиций механицизма, не сводя их к законам механики.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Отметим в этой связи такие работы последних лет: *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. М., 1991; *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. М., 1994; *Kampis G.* Selfmodifing systems in biology and cognitive scinces: a new framework for dynamics, information and compexity N.Y., 1991; *Schroeder M.* Fractals, Chaos, Power Laws — Minutes from infinite paradise. N.Y., 1991; *Gell-Mann M.* Quark and the Jaguar — Adventures in the simple and the complex. N.Y., 1994; *Hilborn R.* Chaos and Nonlineor dynamics. Oxford, 1994; *Katok A.* Hasselblat B. Introduction to the Modern Theory of Dinamical Systems. Cambridge, 1995; *Mainzer K.* Thinking in Complexity. The Complex Dinamics of Matter, Mind and Mankind. Berlin, 1997.

[2] См.: *Мамчур Е.А., Овчинников Н.Ф., Уёмов А.И.* Принцип простоты и меры сложности. М., 1989; *Костюк В.Н.* Изменяющиеся системы. М., 1993; *Разумовский О.И.* Бихевиоральные системы. Новосибирск, 1993; *Майнцер К.* Сложность и самоорганизация // Вопросы философии. 1997, № 3; *Сачков Ю.В.* Вероятность — на путях познания сложности // Философия науки. Вып. 4. М., 1998; *Князева Е.Н.* Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе // Вопросы философии 1998, № 4; *Levin R.* Complexity — Life at the Ege of of Chaos. N.Y., 1993; *Casti J.* Comlexification: explaining a paradoxical world through the science of surprise N.Y., 1994; *Holland J.* Hidden Order — How Adaption builds complexity. N.Y., 1995; *Back P.* How Nature works — The Science of Self-Organised Criticality. N.Y., 1996.

[3] *Хакен Г.* Цит. соч. С.14.

[4] *Майнцер К.* Цит. соч. С. 49. Кроме того, издательство Academic Press уже несколько лет выпукает международный журнал «The Journal of Complexity».

[5] *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М., 1990. С. 249.

[6] *Рассел Б.* История западной философии. М., 1959. С. 76.

[7] *Максвелл Д.* Статьи и речи. М., 1968. С. 108.

[8] *Больцман Л.* Лекции по теории газов. М., 1959. С. 528.

[9] См., например: *Хуанг.* Статистическая механика. М., 1968; *Синай Я.Г.* Лекции по эргодической теории. М., 1974 и др.

[10] *Поваров Г.Н.* Ступени сложности // Управление, информация, интеллект. М., 1976. С. 162.

[11] *Налимов В.В.* Теория эксперимента. М., 1971.

[12] См.: *Винер Н.* Кибернетика. М., 1958, гл. 1; *Его же*: Кибернетика и общество. М., 1958, Предисловие.

[13] *Гупало Ю.П., Пионтковский А.А.* Предисловие // *Касти Д.* Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. М., 1982. С. 5–6.

[14] *Нейман Д.* Общая и логическая теория автоматов // Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М., 1960.

[15] *Эшби У.* Введение в кибернетику. М., 1959.

[16] *Поваров Г.Н.* Цит. соч. С. 162.

[17] См.: *Николис Г., Пригожин И.* Цит. соч.; *Бирюков Б.В.* Кибернетика и методология науки. М., 1974. С. 17.

[18] *Ласло Э.* Основания трансдисциплинарной единой теории // Вопросы философии. 1997. № 3. С. 84.

[19] *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 1985. С. 16.

[20] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986. С. 82.

[21] *Николис Г. Пригожин И.* Цит. соч. С. 8.

[22] *Пригожин И.* Наука, цивилизация и демократия // Философия и социология науки и техники. Ежегодник. 1988–1989. М., 1989. С. 14.

[23] *Кравцов Ю.А.* Предисловие // Пределы предсказуемости. М., 1997. С. 6.

[24] Пределы предсказуемости. М., 1997.

[25] См.: *Уайтхед А.* Избранные работы по философии. М., 1990.

О.Е. Баксанский

СИСТЕМА КОГНИТИВНЫХ НАУК

В настоящее время понятие *когнитивной науки* является очень широким и недостаточно строго определенным. В этой связи следует выделить основные направления ее понимания и приложения:

— некий раздел научного знания, центральными понятиями которого являются знание и его репрезентация;

— исследовательская дисциплина, изучающая функционирование человеческого сознания на базе методологии информационного подхода, используя различные способы репрезентации информации и компьютерную метафору;

— совокупность современных эмпирических знаний, направленных на поиск ответов на давние эпистемологические вопросы, особенно о природе знания и его адекватности.

Когнитивная наука изучает устройство и функционирование концептуальных структур в человеческом сознании, прежде всего, механизмы, с помощью которых человек *приобретает, преобразует, репрезентирует, хранит и воспроизводит* информацию, обеспечивающую специфическое взаимодействие с другими людьми и окружающим миром в целом, т. е. его психические процессы и поведение. Когнитивная наука возникла как реакция на господство позитивистских установок, ратующих за обезличенную науку (например, математическая логика, в которой постулаты сложнее самих высказываний), а также благодаря развитию методологии научного знания («третий мир» и принцип фальсификации К. Поппера, «парадигмы» Т. Куна, «научно-исследовательские программы» И. Лакатоса, «личностное знание» М. Полани, «тематический анализ науки» Дж. Холтона, «матрицы понимания» Ст. Тулмина, «этос науки» Р. Мертона, «новый диалог человека с природой» И. Пригожина, «эпистемологический анархизм» П. Фейерабенда, «философия не» Г. Башляра и др.). В 60–70 гг. произошла ревизия идей позитивизма в пользу реализма и учета человеческого фактора.

Принципиальное и основополагающее значение для развития когнитивной науки сыграла когнитивная психология (У. Найссер,

Дж. Брунер), представители которой выступили против господствующей в психологии бихевиоральной установки при описании, объяснении и предсказании активности человека, его психических процессов и поведения.

Началом когнитивной науки можно считать 11 сентября 1956 г., когда в г. Кембридж штата Массачусетс открылся семинар по теории информации, где была зачитана работа Ньюэлла и Саймона «Logic Theoretic», в которой исследовались процессы принятия административных решений (впоследствии эта работа была удостоена Нобелевской премии по экономике).

Можно выделить следующие характерные черты когнитивной науки:

— междисциплинарность (существует комплекс наук, которые называются когнитивными: когнитивная философия, когнитивная психология, когнитивная лингвистика, когнитология);

— использование репрезентации знаний в качестве центрального понятия;

— использование компьютерной метафоры (сначала *аппаратная* — hardware — компьютерная метафора: человеческий мозг подобен компьютеру; затем программная — software — компьютерная метафора: в сознании человека существуют структуры, подобные компьютерным программам; одно из доказательств — наличие сенсорной, кратковременной и долговременной памяти у человека);

— обращение к когнитивным структурам (например, репрезентациям, скриптам, сценариям, фреймам и т. д.);

— основная методология — информационный подход, а исследовательский метод — вычислительный эксперимент (термин Герберта Саймона), включая метод интроспекции, т. е. наблюдение за психическими процессами и поведением человека;

— пониженный интерес к культурным и социологическим аспектам функционирования знаний.

Если попытаться выделить метанаучные элементы и ценности когнитивных наук, иными словами, всю совокупность представлений о предмете, которые в рамках данной научной концепции считаются истинными и не могут быть фальсифицированы (имеют статус аксиом — положений, принимаемых без доказательств), то схематически получается следующая картина.

В основе когнитивной науки лежит реалистическая традиция: человеческое мышление познаваемо и к нему могут быть применены

конкретные исследовательские методы. Это воплощается в понятии материально-символьная система. Она состоит из символов — материальных образований, которые могут выступать в качестве выражений. Символьная структура — набор процессов создания, модификации и операций с выражениями.

Предполагается, что существует некоторый уровень изучения психических функций человека, отличный от нейрофизиологического, — уровень концептуальных репрезентаций. Репрезентативный уровень оперирования символьными системами не зависит от материального носителя информации. Он изучается с других позиций.

В качестве основных когнитивных единиц выступают следующие:

— концепты;

— пропозиции;

— схемы (типа гештальтов);

— динамические фреймы (сценарии).

Когнитивный подход с моделью переработки информации базируется на следующих «трех китах»:

1. Теория информации (включая теорию связи), которая поставила задачу моделирования процессов обнаружения сигналов, внимания.

2. Лингвистика, исследующая подходы к языку и его грамматические структуры, а также семантические поля.

3. Компьютерная наука и кибернетика, особенно такой ее раздел как искусственный интеллект, которые заставили пересмотреть основные постулаты, касающиеся обработки и хранения информации.

Когнитивные модели основаны на наблюдениях и описывают структуры и процессы познания. Их построение помогает лучше постичь наблюдаемое. Они представляют собой эвристические построения, используемые для организации существующего объема литературы, стимуляции дальнейших исследований, координации исследовательских усилий и облегчения коммуникации между специалистами. Модель переработки информации предполагает, что процесс познания можно разложить на ряд этапов, каждый из которых представляет собой некую гипотетическую единицу, включающую набор уникальных операций, выполняемых над входной информацией. Предполагается, что реакция на событие является результатом серии таких этапов и операций: кодирование информации, воспроизведение информации из памяти, формирование понятий, суждения и высказывания. На каждый этап поступает информация от предыдуще-

го этапа, и затем над ней выполняются свойственные данному этапу операции.

Вся жизнедеятельность человека связана с оперированием различного рода информацией. Как уже отмечалось, объектом исследования комплекса наук, объединенных термином когнитивные науки, является анализ процессов приобретения, преобразования, репрезентирования (представления), хранения и воспроизведения информации индивидом, в то время как основным предметом изучения является выявление когнитивных стратегий человека путем анализа его вербальных паттернов и невербальных реакций, на основе чего складываются стратегии и приемы, которые могут быть использованы для передачи некоторого навыка или поведенческой схемы другим людям, а также для их применения в других контекстах.

Основанием объединения совокупности определенных наук в общую систему — систему когнитивных наук — является возможность выделения некой единой базовой фундаментальной методологической системы получения соответствующего научного знания об оперировании человека информацией:

— путей, способов, методов, приемов и процедур получения знаний;

— лабораторного и экспериментального оборудования для его получения;

— специфического языка (совокупности понятий) для выражения и обмена полученными результатами

Согласно существующей методологической схеме построения научного знания, подходы, развиваемые современными когнитивными науками, можно подразделить на:

— фундаментальные;

— прикладные;

— практические.

Однако в историческом процессе становления когнитивных наук сложилась несколько иная терминология, что в значительной мере связано с тем, что данное направление исследований развивалось иностранными учеными, и только в последнее время оно получило распространение в России. (Мы оставляем в стороне рассмотрение причин такого положения дел). В когнитивных науках различают:

— эпистемологию как систему знаний и ценностей, т. е. философские основания когнитивных наук;

— методологию как приемы и процедуры применения выделенных знаний и ценностей;

— технологию как средства, позволяющие применять эти знания и ценности.

Благодаря многоуровневой структуре когнитивных наук оказывается возможным придавать абстрактной понятийной информации о глобальных и культурных паттернах и тенденциях такую форму, которую можно было бы связать с конкретным организационным инструментом или индивидуальными действиями и поведением.

В основе когнитивных наук лежит ряд базовых предположений, которые описывают взаимоотношение человека и реальности и играют важную роль во всех сферах человеческой деятельности. Рассмотрим и кратко прокомментируем эти предпосылки.

Карта не есть территория

Человек воспринимает реальность с помощью органов чувств, возможности которых ограничены. Индивид может лишь составлять когнитивные карты окружающей реальности на основе информации, получаемой сенсорными анализаторами, а также взаимоотношениями между этой информацией и субъективными воспоминаниями и другими переживаниями. Следовательно, человек реагирует не на реальность как таковую, а на собственные когнитивные карты этой реальности.

Этот факт является фундаментальным с точки зрения понимания и объяснения как познавательной активности человека, так и определяемых последней поведения, мыслей, идей, убеждений, стереотипов, аттитюдов. Он является развитием принципов общей семантики, сформулированных А. Кожибским (1879–1950), краеугольным положением которой является представление о том, что когнитивная (ментальная) «карта *не тождественна* территории» (или, в иной формулировке, «карта не есть территория»). Таким образом, между самим миром и его картами (репрезентациями) есть принципиальное различие.

С этой точки зрения «правильных» или «неправильных» когнитивных карт мира не существует. У каждого есть собственное мировоззрение, основанное на индивидуальных ментальных картах. Именно эти карты в большей степени, чем сама реальность, определяют то,

как мы интерпретируем окружающий мир, как реагируем на него и каким значением наделяем собственное поведение и переживания. Таким образом, человека ограничивает, сдерживает или наделяет альтернативами не «внешняя» реальность, а скорее его когнитивная карта этой реальности. Одно из фундаментальных допущений когнитивных наук состоит в том, что чем богаче когнитивная карта мира индивида, тем больше у него возможностей адекватно адаптироваться в окружающей реальности.

Жизнь и сознание обладают системным характером

Человек является системой взаимодействий, составленной из множества подсистем, и в то же время индивид — система внутри ряда более крупных систем. Взаимодействия, имеющие место внутри человека, а также между людьми и их окружением, носят системный характер и происходят согласно определенным системным принципам. Все это складывается в определенную структуру систем и подсистем, оказывающих взаимное влияние друг на друга.

Невозможно на каком-либо уровне полностью изолировать одну часть системы от другой. Люди подвержены влиянию многих аспектов окружающей их системы. Важно учитывать не только когнитивные процессы, протекающие внутри человека, но и то влияние, которое оказывает на него окружающая система. В частности, индивид, успешно функционирующий в одной системе, может столкнуться с ограничениями или запретами в системе другого вида. Необходимо принимать во внимание всю систему взаимодействий действительности, которая стимулирует, поощряет то или иное явление или процесс либо противодействует ему.

Закон необходимого разнообразия

Этот принцип теории систем имеет большое значение для любой успешной деятельности. Суть его заключается в том, что необходимо постоянно варьировать действия и процессы, с помощью которых человек пытается достичь результата. Даже эффективные в прошлом приемы могут утратить свою действенность, если изменится окруже-

ние или система. Действия, которые приносили успех прежде, могут быть успешными и впредь, но если в окружающей системе произошли какие-либо изменения, старые приемы уже не будут эффективны.

В частности, закон необходимого разнообразия подразумевает, что для успешной адаптации и выживания элемент системы должен обладать определенным минимальным запасом гибкости, и эта гибкость должна быть пропорциональна потенциальной вариабельности или неопределенности остальной части системы. Другими словами, если человек хочет достигнуть определенной цели, ему необходимо найти несколько способов ее достижения. Число вариантов, гарантирующих получение результата, зависит от масштаба вероятных изменений внутри системы, в которой находится желаемая цель. Определение степени гибкости, которой требует ситуация, является результатом оценки взаимоотношений между частями системы и самой системой.

Одними из базовых понятий когнитивных наук являются «глубинная структура» и «поверхностная структура», заимствованные из теории трансформационной грамматики Ноама Хомского. Согласно последнему, мысли, понятия, идеи (глубинные структуры) не являются неразрывно связанными с каким-либо конкретным языком, но могут быть выражены различными лингвистическими средствами (поверхностными структурами). Английское слово house, французское chez, испанское casa относятся к одному и тому же понятию и данным опыта. Сложные идеи и мысли «выходят на поверхность» (оформляются в языке) после ряда преобразований, с помощью которых они превращаются в хорошо оформленные предложения и словосочетания. Подобные преобразования выступают в роли фильтра для глубоких структур.

Как показали Дж. Гриндер и Р. Бэндлер, движение от глубинных структур к поверхностным обязательно включает процессы *обобщения, опущения* и *искажения* информации[1].

Обобщение представляет собой когнитивный механизм, отделяющий элементы или части когнитивной карты от исходного опыта, так что они начинают представлять целую категорию, частным примером которой является этот опыт. Способность к обобщению чрезвычайно важна для взаимодействия с реальностью.

Опущение — когнитивный механизм, с помощью которого человек избирательно обращает внимание на одни измерения собственного опыта, исключая при этом другие. В одних контекстах подобное

усечение информации может оказаться полезным, в других же — становится источником ошибок.

Искажение — когнитивный механизм, изменяющий восприятие человеком сенсорных данных.

При преобразовании глубинных структур в поверхностные неизбежно происходит некоторое искажение или потеря информации. В языке подобные процессы сопутствуют переходу глубинных структур (зрительные и слуховые образы, тактильные ощущения и другие сенсорные репрезентации, которые хранятся в нервной системе) в поверхностные структуры (слова, знаки и символы, которые человек выбирает для описания или представления первичного сенсорного опыта). Это связано с тем, что созданные с помощью мозга когнитивные карты окружающего мира являются не самим миром, а его репрезентациями. При этом различные поверхностные структуры могут служить отражением одной и той же глубинной структуры.

Еще одно значимое положение трансформационной грамматики заключается в том, что существует множество уровней последовательно более глубоких структур в строении и организации различных систем. Важным следствием этого является тот факт, что для совершения адекватного изменения необходимо воздействовать на все уровни системы.

Иным способом организации взаимосвязей между поверхностными и глубинными структурами в когнитивных науках является понятие логических уровней. Каждый уровень (окружение, поведение, способности, убеждения, ценности, идентификация) считается более глубоким, чем предшествующий. Восприятие и взаимодействие с окружающей средой являются той частью опыта, которая лежит ближе всего к «поверхностным структурам». Координация и управление поведением требуют мобилизации глубинных структур психики. Способности организуют и координируют поведение, запуская менее конкретные, но более глубокие когнитивные процессы. Убеждения и ценности являются фундаментом для человеческих способностей и поведения. Они с большим трудом поддаются четкому и специфичному выражению на «поверхностном уровне», однако оказывают на человека влияние на самом глубоком уровне. Идентификация представляет собой наиболее глубоко расположенный комплекс взаимосвязей. Подобно тому как Н. Хомский описывал это в языке, глубинная структура индивидуальной идентификации выходит на поверхность после ряда преобразований, ведущих через ценности, убежде-

ния и способности к поведенческим проявлениям в окружающем мире. Эти преобразования также подвержены опущению, обобщению и искажению.

Важной задачей когнитивных наук является выявление проблематичных обобщений, опущений и искажений путем анализа формы («синтаксиса») поверхностных структур, а также создания системы средств, позволяющей получить более подробную репрезентацию глубинной структуры.

Проективная теория познания

Г Фоллмер предложил оригинальную модель *проекции* для соотношения реальности и познания[2]. Структура образа, возникающего в результате проекции, зависит от трех элементов:

— структуры предмета;

— вида проекции;

— структуры принимающего экрана.

Если известны эти три элемента, то образ можно определить (сконструировать). Образ согласуется с оригиналом не во всех аспектах, однако сохраняется определенная частичная изоморфия. Если известен только образ, то можно попытаться объяснить его на основе гипотез и предположений о самом предмете, проекционном механизме и экране. Таким способом оказывается возможным получить из образа гипотетическую информацию о проецируемом объекте.

Познание аналогично этому процессу. При этом:

— проецируемый предмет соответствует действительности (объектам реального мира);

— проекционному механизму соответствуют сигналы (электромагнитные или механические колебания, молекулы), которые достигают наших органов чувств;

— воспринимающий экран соответствует субъективному познавательному аппарату;

— образу (когнитивной репрезентации) соответствует восприятие или простой опыт.

Так, уже в обыденном опыте при каждом восприятии, каждом обобщении, каждом предсказании человек пытается реконструировать реальный мир. Наука выходит далеко за пределы повседневного опыта, дополняет органы чувств измерительными приборами, фик-

Проецируемый предмет	Проекционный механизм (вид проекции)	Принимающий экран
Объект реального мира	Сигналы и стимулы, идущие из внешнего мира к органам чувств	Когнитивный аппарат

сирующими сигналы, которые индивид не может воспринимать собственными анализаторами. В эксперименте она получает целенаправленную информацию об образе проекции и для объяснения этих данных формирует модели и теории, следствия которых вновь проверяются эмпирически. Таким образом, наука предпринимает реконструкции, которые много ближе к действительности, чем субъективный опыт, потому что владеет большей опытной областью, имеет больше информации и более точные данные. Такое понимание называют проективной теорией познания. Аналогия с геометрической проекцией показывает, в каком соотношении находятся действительность и опыт, как и почему возможно познание действительности. Аналогия с проекцией отражает также гипотетический характер всего познания.

Основная модель, на которой базируется когнитивная наука — модель переработки информации. При этом следует четко понимать, что она представляет собой эвристическое построение, используемое для организации соответствующих исследований, координации и облегчения взаимодействия между учеными. Модель переработки информации предполагает, что процесс познания можно разложить на ряд этапов, каждый из которых представляет собой некую гипотетическую единицу, включающую набор уникальных операций, выполняемых над воспринимаемой информацией. На каждый познавательный этап поступает информация от предыдущего этапа, и затем над ней выполняются свойственные текущему этапу операции. Поскольку все компоненты модели переработки информации взаимосвязаны с другими компонентами, трудно точно определить начальный этап. Можно считать, что вся последовательность преобразований начинается с поступления внешних стимулов, обработка которых базирует-

ся на знаниях индивида о мире, которые позволяют ему избирательно направлять внимание на отдельные аспекты стимулов и игнорировать другие аспекты.

Модель переработки информации породила два важных вопроса:

— Какие этапы проходит информация при обработке?

— В каком виде информация представлена в сознании человека?

Для ответа на эти вопросы заимствуются теории и методы из следующих областей исследования, которые являются предметом изучения когнитивной психологии:

Восприятие (обнаружение и интерпретация сенсорных стимулов), то есть сбор информации об окружающей среде; стихия экспериментальных исследований в когнитивной науке — миллисекундный диапазон времени. Оказывается, что для реализации интеллектуальных ресурсов человека достаточно уже небольшого временного кванта.

Распознавание образов. Информация не воспринимается как единые сенсорные события, чаще всего она воспринимается как часть более значительного паттерна. Организуя различные стимулы определенным образом, человек извлекает из своей памяти их значения.

Внимание, то есть отбор количества и вида информации, которую стоит принимать в расчет. Способность к переработке информации ограничена на двух уровнях — сенсорном и когнитивном. Если одновременно воспринимается слишком много сенсорных признаков, то может возникнуть своеобразная «перегрузка» когнитивного аппарата. Аналогично если пытаться обработать слишком много событий в памяти, то могут возникнуть когнитивные сбои.

Память, которая работает вместе с восприятием. Принято выделять три типа памяти: сенсорная, кратковременная и долговременная.

Воображение, которое представляет собой создание мысленных образов окружения, из которых строится когнитивная карта как мысленная репрезентация информации.

Язык как иерархическая структура, состоящая из компонентов возрастающей сложности (фонема, морфема, синтаксис) и речь, которая предполагают не только знание грамматических правил и подбора соответствующих слов из доступного лексикона, но и сложную координацию моторных реакций, необходимых для произнесения сообщения.

Мышление как внутренний процесс, при котором происходит преобразование информации и формирование понятий, включающее

выделение признаков, общих для некоторого класса объектов, а также раскрытие правил, связывающих эти концептуальные признаки. На структурном уровне мышление приводит к образованию новой мысленной репрезентации.

Человеческий (естественный) интеллект как способность к адекватной адаптации к окружающей среде. Иными словами, это способность приобретать, воспроизводить и применять знания для понимания конкретных и абстрактных понятий и отношений между объектами и идеями и использовать знания осмысленным способом.

Искусственный интеллект как модель функционирования естественного интеллекта. Соответствующие исследования нацелены на моделирование познавательных процессов человека, причем они оказали огромное влияние на развитие когнитивных наук — особенно с тех пор, как для компьютерных программ искусственного интеллекта потребовались знания о том, как человек обрабатывает информацию.

Еще одна важная область когнитивных наук — генетическая эпистемология, восходящая к работам Ж. Пиаже и Л.С. Выготского, и эволюционная эпистемология (К. Лоренц, Д. Кэмпбелл, Г Фоллмер) — занимается анализом того, как развиваются когнитивные структуры и возможности человека.

Одна из наиболее актуальных задач когнитивных наук состоит в исследовании мысленных репрезентаций. Тут стоят фундаментальные вопросы:

— Каким образом приобретаются, преобразуются, хранятся, передаются и используются знания?

— Что есть мысль?

— Какова природа восприятия и памяти?

— Как развиваются все эти способности в фило- и онтогенезе?

В этих вопросах заключена суть фундаментальной проблемы когнитивных наук — как хранятся, схематизируются и перерабатываются в сознании идеи, события и объекты действительности[3].

Структура применительно к строению или организации когнитивной системы — это термин в значительной степени метафорический, т. е. постулируемые структуры — условное представление того, как организованы мысленные элементы, но не буквальное их описание. Например, теоретическая концепция, предполагающая, что память бывает кратковременная и долговременная, представлена в виде метафоры о двух «хранилищах» информации. В когнитивных науках су-

ществуют и другие метафоры: «отделения в мозге», «деревья», «библиотеки», «уровни переработки», «пропозиции», «абстракции», «схемы» и т. д.

Термин «процесс» относится к наборам операций или функций, которые так или иначе анализируют, преобразуют или изменяют мысленные события. Процесс является активным в отличие от относительно статичной структуры. Различные когнитивные процессы реализуются в мышлении, кодировании, формировании понятий и т. п.

Когда мы говорим о переработке информации, то тут проявляются взаимозависимые когнитивные структуры с реализующимися в них процессами. Некоторые структуры образуются по мере переработки информации, а процессы управляются структурами. Анализ познания далеко не всегда позволяет их разделить, поэтому процессы и структуры объединены в целостную когнитивную систему.

Один из наиболее фундаментальных результатов когнитивных наук, о котором мы уже упоминали, заключается в том, что представления человека о мире не обязательно идентичны сущности действительности. Конечно, репрезентация информации связана с теми стимулами, которые получает сенсорный аппарат индивида, но она также подвергается значительным изменениям. Эти модификации, очевидно, связаны с прошлым опытом человека, результатом которого является сложная сеть его знаний. Таким образом, поступающая информация абстрагируется и до некоторой степени искажается и хранится затем в системе памяти индивида. Такой взгляд отнюдь не отрицает, что некоторые сенсорные события непосредственно аналогичны своим внутренними репрезентациям, но предполагает, что сенсорные стимулы могут при хранении подвергаться абстрагированию и модификации, являющимися функцией сложно переплетенного знания, структурированного ранее.

Остановимся подробнее на рассмотрении эпистемологии, т. е. философских оснований, когнитивных наук. В переводе с греческого эпистемология означает «то, на чем мы основываем свои рассуждения», т. е. представляет собой фундаментальную систему понятий и допущений, на основе которой человек генерирует все остальные знания. По определению Г Бейтсона: «Эпистемология есть история происхождения знания; иными словами, откуда вы знаете то, что вы знаете»[4].

Применение эпистемологии связано с системой отличий и навыков, которую человек использует для достижения поставленных це-

лей. Прикладная эпистемология ищет ответы на такие вопросы: «Как мы узнаем, что знаем что-либо или что обладаем операционной компетентностью?», «Как мы узнаем, что другие знают что-либо или обладают операционной компетентностью?» или «Посредством чего мы развиваем знания и операционную компетентность?». Эпистемология требует первоначального утверждения целей, оснований и процедур обоснования, необходимых для достижения конкретного желаемого результата.

Другой важный вопрос прикладной эпистемологии: «Как наши знания, открытия вписываются в то, что было известно до этого?». Какой бы оригинальной и плодотворной ни была новая идея, она не будет воплощена на практике до тех пор, пока не придет в соответствие с имеющимися знаниями. Одна из наиболее важных задач прикладной эпистемологии — предоставить возможность понимать те идеи, которые ставят под сомнение и преобразуют старые способы мышления. А. Шопенгауэр полагал, что все новые идеи проходят три стадии. На первой из них идея кажется нелепой, на второй встречает яростное сопротивление, а на третьей воспринимается как нечто давно известное и самоочевидное.

Представляется в значительной степени плодотворным подход, развиваемый Гюнтером Стентом[5], который считает, что конфликт, связанный с принятием новых идей и парадигм, возникает во многом благодаря «противоречивой эпистемологической установке относительно событий внешнего и внутреннего мира». Он определяет этот конфликт как борьбу «материализма» и «идеализма». Материалистическая точка зрения подразумевает наличие «реального» внешнего мира, который существует независимо от сознания. Сознание является отражением этой реальности и создает несовершенную репрезентацию реального мира. С позиций идеализма реальность порождается сознанием. Воспринимаемые события и взаимоотношения не имеют другой реальности помимо существования в сознании человека. С этой точки зрения реальность является отражением сознания. Внешний мир есть несовершенная репрезентация, или проекция, «чистых» форм мысли. Однако, с точки зрения Г Стента, в последние годы появилась новая альтернатива, толчок к возникновению которой дала теория трансформационной грамматики Н. Хомского, а также представления о поверхностных и глубинных структурах. Эту новую методологию можно назвать «*структурализмом*»: «Как материализм, так и идеализм принимают как данность то, что

вся информация, воспринимаемая органами чувств человека, действительно достигает его мозга. Материалисты полагают, что благодаря этой информации реальность находит свое отражение в сознании, тогда как, по представлениям идеалистов, на основе этой информации сознание конструирует реальность. Структурализм, напротив, разделяет ту точку зрения, что знание о мире появляется в сознании не в виде необработанных данных, а в весьма абстрагированной форме, то есть в виде структур. В ходе предшествующего осознанию пошагового преобразования первичных данных в структуры какая-то часть информации неизбежно теряется, поскольку создание структур или распознавание паттернов есть не что иное, как избирательное разрушение информации. Таким образом, поскольку сознание не получает доступа к полному объему данных о мире, оно не может ни отражать, ни конструировать реальность. Вместо этого реальность предстает перед сознанием в виде структур, полученных путем трансформации первичных данных о мире. Данный процесс носит иерархический характер, поскольку избирательное разрушение информации приводит к формированию «более сильных» структур из «более слабых». Любой набор первичных данных обретает смысл только после того, как в ходе подобных операций он преобразуется в нечто конгруэнтное сильным структурам, уже существующим в нашем сознании... Каноническое знание представляет собой всего лишь набор уже существующих «сильных» структур, конгруэнтность которым первичные научные данные приобретают в процессе психического абстрагирования. Следовательно, данные, которые не могут быть преобразованы в структуру, конгруэнтную каноническому знанию, не имеют никакой перспективы»[6].

Таким образом, фундаментальные философско-методологические понятия можно охарактеризовать следующим образом.

Материализм. «Реальный» внешний мир существует независимо от нашего сознания. Сознание является отражением этой реальности и создает несовершенную репрезентацию реального мира.

Идеализм. Воспринимаемые события и взаимоотношения не обладают иной реальностью помимо существования в сознании человека. Реальность является отражением сознания. Внешний мир представляет собой несовершенную репрезентацию «чистых» форм мысли.

Структурализм. Реальность является набором структур, полученных путем трансформации первичных данных о мире. Преобразова-

ние первичных данных в структуры включает в себя избирательное опущение, искажение или обобщение первичных данных. Сознание не может ни отражать, ни конструировать реальность. «Сильные» структуры формируются из «слабых» посредством избирательного разрушения информации. Первичные данные приобретают смысл только после ряда операций, которые преобразуют их в нечто конгруэнтное уже существующим структурам. С точки зрения структурализма, многие идеи можно назвать «незрелыми», если в них не содержится «мостик» к существующему «каноническому» знанию. Таким образом, чтобы новая идея стала «реальностью», она должна сначала «подстроиться» к уже существующим моделям реальности и лишь затем «вести» их.

Методология когнитивных наук очень близка структурализму. В отличие от материализма и идеализма в них нет фундаментального разделения «сознания» и «реальности». Когнитивные науки признают значимость установления связей с существующим знанием, а также расширение реальности через «подстройку». Однако процесс актуализации реальности рассматривается не как установление связей между «слабыми» и «сильными» структурами, а скорее как функция взаимосвязи между «глубинными» и «поверхностными» структурами. Глубинные структуры обладают скрытым потенциалом, который проявляется в конкретных поверхностных структурах как результат ряда преобразований. Этот процесс включает в себя избирательное «конструирование» данных, равно как и избирательное «разрушение» данных, которое Г. Стент называет первичным процессом распознавания моделей в структурализме.

Для реализации разного рода замыслов, естественно, требуются различные типы и последовательности преобразований. В когнитивных науках выделяются *индуктивные* преобразования, через которые человек воспринимает модели и строит карты окружающего мира, и *дедуктивные*, с помощью которых индивид составляет описания и действует сообразно своему восприятию и имеющимся репрезентативным моделям мира. Индуктивные преобразования включают в себя процесс «объединения» с целью найти более глубокие структуры (понятия, идеи, универсалии и т. д.) в многообразии впечатлений, полученных через сенсорные каналы. Дедуктивные преобразования направлены на «разделение» глубинных структур опыта, а также перевод общих идей и понятий в конкретные слова, действия и другие формы поведенческих реакций. Существуют еще и *абдук-*

тивные преобразования, в ходе которых глубинные структуры трансформируются в другие глубинные структуры, а поверхностные — в другие поверхностные структуры. В этом процессе задействованы механизмы метафоры и аналогии. Аналогии основаны на сходстве двух поверхностных структур («изоморфизм»). Метафоры подразумевают наличие взаимосвязи между глубинными структурами («гомоморфизм»).

С точки зрения когнитивных наук, «реальность» является результатом взаимоотношений и взаимодействия между глубинными структурами и поверхностными структурами. Существует множество возможных «реальностей»; не одна «карта» и одна «территория», а множество возможных территорий и карт. Кроме того, территория постоянно меняется, отчасти в зависимости от того, как карта влияет на взаимодействие человека и территории.

Когнитивные карты и модели не рассчитаны на отражение либо конструирование единственной объективной реальности. Их задача заключается в том, чтобы воспроизвести какой-либо аспект возможной реальности. Именно поэтому в когнитивных науках не имеет значение «истинность» модели — учитывается лишь ее *полезность*. На самом деле все модели можно считать символическими или метафорическими, а не просто отражающими реальность. Каким бы ни было используемое описание — метафорическим или буквальным, — полезность модели зависит от степени, в которой она позволяет совершить эффективный переход на следующую ступень в последовательности преобразований, связывающих глубинные и поверхностные структуры. Вместо «конструирования» реальности когнитивные модели вводят ряд функций, которые устанавливают связи между глубинными и поверхностными структурами. Именно эти связи формируют «понимание» реальности и позволяют человеку по-новому переживать и выражать эту реальность.

С этой точки зрения представляется необходимым обратиться к основным методологическим концепциям когнитивных наук. В них выделяются четыре базовые позиции, с которых осуществляется сбор и интерпретация информации:

— *первая позиция* — собственная точка зрения человека;

— *вторая позиция* — восприятие информации с точки зрения другого человека;

— *третья позиция* — рассмотрение информации с точки зрения незаинтересованного наблюдателя.

— *четвертая позиция* — работа с информацией с точки зрения целой системы («поля отношений»), задействованной в ситуации.

Поскольку в когнитивных науках предполагается, что единственно «правильной» карты какого-либо события или явления не существует, четкое представление о занятой позиции чрезвычайно значимо для эффективной работы с информацией. Восприятие ситуации с различных точек зрения позволяет человеку расширить свое понимание соответствующего события.

Работа с информацией по первой позиции состоит в том, чтобы попытаться сделать что-то самостоятельно и исследовать способ, которым это делается. Человек обычно воспринимает информацию с собственной точки зрения. Вторая позиция подразумевает, что индивид пытается воспринимать информацию максимально приближенно к когнитивной активности другого человека. С помощью этого процесса можно интуитивно понять существенные, но не осознанные информационные аспекты. Третья позиция предполагает, что человек отстраняется от обстоятельств получения информации и обращается исключительно к ее содержанию, оставаясь незаинтересованным наблюдателем. В этом случае индивид отказывается от собственных оценок и уделяет внимание лишь тому, что воспринимают его органы чувств. Четвертая позиция предполагает своего рода интуитивный синтез всех этих ракурсов с целью получить полный информационный «гештальт».

Иными словами, при изучении когнитивных процессов существенное значение приобретает разделение *имплицитного* и *эксплицитного* знания. Работу с информацией можно описать как функцию двух базовых измерений: *осознание* и *компетентность*. Возможна ситуация, в которой человек знает и понимает суть некоторой информации, однако не способен осуществить необходимые действия (осознанная некомпетентность). Может быть и так, что индивид способен хорошо выполнять некоторые действия, но не понимает, как это происходит (неосознанная компетентность). При этом владение информацией (знанием) подразумевает как способность «делать то, что знаешь», так и способность «знать, что делаешь».

Одна из основных проблем когнитивных наук заключается в том факте, что многие психологические и поведенческие элементы, обеспечивающие успешность наших когнитивных карт и моделей, остаются по большей части неосознанными и лишь интуитивно понятными. В результате возникают проблемы в описании механизмов, лежа-

щих в основе каких-либо когнитивных способностей.

Одной из целей когнитивных наук является выявление и идентификация неосознанной компетентности и доведение ее до сознания с целью лучшего понимания и совершенствования[7].

Осознание	Делание того, что знаешь →		
Эксплицитное	Осознанная некомпетентность	Осознанная компетентность	Знание того, что делаешь ↑
Имплицитное	Неосознанная некомпетентность	Неосознанная компетентность	**Компетентность**

Когнитивная компетентность может быть смоделирована либо имплицитно, либо эксплицитно. *Имплицитное моделирование* предполагает занятие второй позиции по отношению к субъекту, с тем чтобы добиться интуитивного понимания субъективных переживаний данного человека. *Эксплицитное моделирование* состоит в переходе в третью позицию с целью описать явную структуру информационных процессов моделируемого субъекта так, чтобы ее можно было сформулировать вербально[8].

Имплицитное моделирование является в первую очередь индуктивным процессом, с помощью которого человек принимает и воспринимает информацию из окружающего мира. Эксплицитное моделирование, по существу, является дедуктивным процессом, с помощью которого индивид описывает и осуществляет это восприятие. Оба процесса необходимы для успешного моделирования. Без «имплицитной» стадии не может быть эффективной интуитивной базы, на основе которой можно построить «эксплицитную» модель. С другой стороны, без «эксплицитной» фазы смоделированная информация не сможет воплотиться в конкретных приемах и средствах и быть переданной другим. Имплицитное моделирование само по себе помогает человеку развивать личное, неосознанное умение в связи с желаемыми действиями. Однако создание техники, которой можно научить или которую можно передать другим, в каком-то смысле требует применения эксплицитного моделирования.

Для оценки создаваемых когнитивных моделей Г. Бейтсон ввел понятие «конгруэнтности кода», состоящее в том, что наиболее эф-

Имплицитное моделирование	**Эксплицитное моделирование**
Переживание — Интуиция — Артикуляция (построение субъективного переживания со второй позиции)	Интуиция — Структура – Артикуляция (определение структуры субъективного переживания с третьей позиции)
Имлицитное	*Эксплицитное*
Неосознанное	Осознанное
Правое полушарие	Левое полушарие
Общее — Целое	Специфическое — Части
Синтетическое	Последовательное
Состояние	Стратегия
Ассоциация	Диссоциация
Индуктивное	Дедуктивное
Интуитивное	Когнитивное
Аналоговое	Цифровое
Внешнее — Внутреннее	Внутреннее — Внешнее
Территория (реальность)	Карта

фективными и адекватными моделями являются те, в которых взаимосвязи между элементами соответствуют взаимосвязям внутри системы элементов моделируемого явления[9]. Он утверждает, что наиболее «конгруэнтные коду» модели, как правило, более элегантны (просты) и полезны. Г. Бейтсон отмечает еще один аспект конгруэнтности кодов в живых системах — аспект «дополнительной энергии». Во многих динамических системах (например, биологических и социальных) все элементы обладают собственными источниками энергии. За счет этого система усложняется, поскольку энергия проходит через нее не по предсказуемому, механическому пути.

Стоит специально обратить внимание на то обстоятельство, что конгруэнтность кода никак не связана с «точностью» передачи содержания кодом или моделью. Код может быть абсолютно метафоричным и тем не менее «конгруэнтным» тому процессу, который он представляет. Значимым аспектом конгруэнтности кода является то, что взаимосвязи между элементами и событиями модели должны быть конгруэнтны взаимосвязям между элементами и событиями, составляющими моделируемую систему.

Человеческое когнитивное поведение строится на определенных программах, которые его организуют и упорядочивают. Эти стратегии поведения структурируются на базе разнообразных когнитивных репрезентаций реальности, т. е. определенных моделей нашего опыта. Психическая активность представляет собой постоянный процесс репрезентирования окружающего мира, а результатом этого процесса выступают конкретные когнитивные репрезентации. Таким образом, итогом человеческого опыта являются некоторые когнитивные, или ментальные, карты действительности, которые не просто отражают наши представления о чем-либо, но действительно способны создавать новые конструкты реальности, а также изменять прежние.

В своей работе «Science and Sanity» (1933) А. Кожибский отмечает, что прогресс человечества предопределен наличием гибкой нервной системы, способной создавать и использовать символические когнитивные репрезентации, или ментальные карты. Обладая языком понятий, мы оказываемся в состоянии создавать карты и модели реальности, которые позволяют суммировать и обобщать опыт, а также передавать его другим, освобождая их от необходимости заново придумывать то, что уже изобретено, и от совершения типичных, опасных ошибок. По мнению А. Кожибского, именно эта способность к обобщениям (или, говоря современным языком, когнитивному репрезентированию) объясняет прогресс человека по сравнению с животными, однако ошибки в понимании и использовании соответствующих когнитивных механизмов являются причиной множества проблем. Ученый предполагал, что предотвратить бессмысленные недоразумения возможно, если научить человека (при использовании языка) избегать путаницы между когнитивной картой и территорией (реальностью).

В этой связи важное значение приобретает «закон индивидуальности» А. Кожибского, который утверждает, что «не существует полностью идентичных людей, или ситуаций, или этапов какого-либо процесса». Ученый отмечал, что сумма уникального опыта каждого человека намного превосходит запас понятий и когнитивных репрезентаций, что приводит к попыткам отождествить разные ситуации или события реальности. Понятие «лиса», например, употребляется по отношению к огромному количеству животных этого вида, к одной и той же особи в разные периоды ее развития, к нашим мысленным образам, фотографиям, рисункам, к сочетанию букв «л-и-с-а».

По мнению А. Кожибского, чрезвычайно важно научить человека тому, как осознавать и расширять свои когнитивные репрезентации, чтобы достигать большего успеха в конструировании уникальных повседневных переживаний. Он стремился создать ментальные инструменты, которые помогли бы субъекту оценивать собственный опыт, ориентируясь на уникальные факты, присущие каждой конкретной ситуации реальности. А. Кожибский был сторонником того, чтобы люди не торопились с непосредственными реакциями на обстоятельства, а обращали внимание на совокупность отличительных свойств каждой ситуации и искали ее альтернативные интерпретации.

В современной когнитивной науке принято считать, что у каждого человека есть собственная когнитивная картина мира, основанная на внутренних ментальных моделях, которые формируются с помощью сенсорных репрезентативных систем как результат нашего повседневного опыта. Именно эти когнитивные репрезентации в большей степени, чем сама действительность, определяют то, как мы интерпретируем окружающий мир и реагируем на него, какой смысл придаем нашему опыту.

Зафиксированное А. Кожибским различие между картой и территорией (когнитивной репрезентацией реальности и самой реальностью) подразумевает, что наши поступки определяются в большей мере внутренними моделями действительности, чем самой действительностью. Окружающий мир не является ограниченным и лишенным альтернатив. Сами люди «не видят», не репрезентируют существующие возможности, которые поэтому отсутствуют или кажутся недоступными в их моделях мира. Следовательно, следует стремиться расширять наши когнитивные карты мира. Как однажды заметил А. Эйнштейн, наше мышление создает такие проблемы, которые невозможно решить с помощью мышления того же типа.

Современная когнитивная наука исходит из предположения, что если расширить, модифицировать, обогатить когнитивную карту, то в той же самой реальности можно увидеть гораздо больше альтернативных вариантов. При этом следует иметь в виду, что не существует единственно «верной», «правильной» когнитивной карты мира. Каждый человек обладает собственной уникальной моделью мира, но ни одна карта не отражает реальность «достовернее» другой. Точнее, можно сказать, что люди, которые более адекватно адаптировались к окружающему миру, обладают такой когнитивной

картой мира, которая позволяет им видеть множество перспектив и возможностей выбора. Такие когнитивно сложные индивиды шире воспринимают мир, систематичнее организуют его и успешнее реагируют на него.

Кроме того, необходимо обратить внимание еще и на следующее принципиальное обстоятельство. Когнитивные репрезентации создаются на базе сенсорного опыта, который человек получает с помощью своих органов чувств. Но при этом ментальные карты могут быть противопоставлены сенсорному опыту, т. е. процессу ощущения и восприятия мира вокруг нас, а также нашим внутренним реакциям на окружающий мир. Когнитивные репрезентации складываются из информации, поступающей из внешнего окружения и воспринимаемой с помощью органов чувств, а также ассоциативных воспоминаний, фантазий, ощущений, эмоций, чувств, аффектов. Они также формируются из аккумулированного знания (информации), полученного в течение жизни. Информация, прошедшая через органы чувств, постоянно «моделируется» с помощью уже имеющегося знания. Таким образом, наш опыт является тем сырьем, из которого создаются когнитивные карты (модели) мира.

Сенсорный опыт — это информация, воспринятая с помощью органов чувств (зрение, слух, обоняние, осязание, вкус), а также знание о внешнем мире, которое порождается этой информацией. Человек может непосредственно воспринимать реальность только через органы чувств, при этом каждый сенсорный канал функционирует как своего рода фильтр, который реагирует на широкий спектр раздражителей (световые и звуковые волны, физический контакт и т. д.) и обладает своими характеристиками и особенностями в зависимости от вида этих раздражителей.

Вместе с тем следует обратить внимание на тот фундаментальный факт, что перцептивные возможности человека принципиально ограничены эволюционно выработанными параметрами его органов чувств как представителя биологического вида *homo sapiens*. Вследствие чего образ реальности сугубо утилитарен в том смысле, что он адекватен с точки зрения его выживаемости и обеспечивает адаптацию внутри соответствующей биологической ниши.

Обеспечивая первичный контакт с окружающим миром, органы чувств являются своеобразными «окнами в мир». Через них проходит вся информация о существующем и необходимом для нас, поэтому сенсорный опыт является для человека первичным источником

знания о действительности и основным строительным материалом для создания когнитивных репрезентаций.

Сенсорный опыт можно противопоставить другим формам опыта, таким, как фантазии и галлюцинации, которые продуцируются человеческим мозгом, но не воспринимаются органами чувств. В дополнение к опыту, полученному посредством органов чувств, человек обладает информационной системой, состоящей из опыта, порожденного внутренним миром, — такого, как «мысли», «самоощущения», «убеждения». Эта внутренняя система знания создает набор «внутренних» когнитивных фильтров, которые сосредоточивают и направляют наши чувства, а также искажают, пропускают, обобщают сведения, поступающие через органы чувств.

Сенсорный опыт является первичным способом получения информации об окружающей действительности для расширения когнитивных карт реальности. При этом может случиться так, что фильтры уже сформированного знания отметают новую и потенциально значимую сенсорную информацию.

Таким образом, опыт человека может быть противопоставлен когнитивным картам, «теориям», «описаниям», созданным *по поводу и на основании* этого опыта. В когнитивной науке проводится важное различие между *первичным* и *вторичным* опытом. «Первичный» опыт относится к той информации, которую индивид действительно воспринимает посредством своих органов чувств. «Вторичный» опыт связан с когнитивными репрезентациями (картами), создаваемыми с целью отражения и упорядочения первичного опыта. Первичный опыт является функцией непосредственного восприятия «окружающей территории» (реальности). Вторичный опыт получен из когнитивных моделей, описаний и интерпретаций и существенно урезан, искажен и обобщен.

Первичный опыт неизбежно оказывается богаче и совершеннее, чем любая карта или описание, которые человек способен сконструировать на его основе. Он придает существованию индивида осмысленность и уникальность. С этой точки зрения люди, адекватно адаптированные к жизни и получающие от нее удовольствие, обладают способностью воспринимать большую часть информации непосредственно, не пропуская ее через фильтры того, что они «должны» или ожидают испытать. Субъективный опыт является для человека «реальностью» и обладает правом приоритета перед любыми теориями и интерпретациями, с которыми он соотносится. Фундаментальной

посылкой когнитивной науки является то, что субъективная ценность любого опыта не должна ставиться под сомнение только потому, что он выходит за рамки обыденных представлений (например, «спиритический», «мистический», «эзотерический» и т. п. опыт). Можно оспаривать теории и интерпретации, связанные с причинно-следственными связями или социальным контекстом, но опыт сам по себе является существенной информацией об онтологическом бытии человека.

Имеющийся у каждого человека опыт необходимо систематизировать и структурировать, чтобы можно было в нем ориентироваться. Это достигается путем поиска различных причинно-следственных связей и отношений, которые и упорядочивают когнитивные карты человека.

Восприятие причинно-следственных отношений лежит в основе когнитивных моделей мира. Эффективный анализ, исследование и моделирование любого рода подразумевает определение *причин* наблюдаемых явлений. Под причинами понимаются базовые элементы когнитивных репрезентаций, ответственные за объяснение возникновения и существования того или иного явления или ситуации.

Разумеется, не все утверждения о причинно-следственных отношениях одинаково обоснованны и надежны. Одни из них могут быть обоснованны, но не завершены. Другие имеют смысл только при определенных условиях. Основная опасность заключается в том, что подобные утверждения могут быть чрезмерно упрощены и/или поверхностны. Большинство явлений возникает в результате множества причин, а не одной-единственной, поскольку реальность состоит из множества двусторонних причинно-следственных связей. Нередко причины оказываются менее очевидными, более широкими и систематическими по своей природе, чем исследуемое явление.

Например, человек может видеть, слышать или ощущать взаимодействие молекулярных частиц, гравитационное или электромагнитное поля. При этом он оказывается в состоянии только воспринимать и измерять их проявления. Для объяснения причин подобных эффектов вводится, например, понятие «гравитация». Это понятие, а также «электромагнитное поле», «атомы», «причинно-следственные отношения», «энергия», «время», «пространство», как и большинство физических, математических понятий, во многом произвольно созданы человеческим воображением, но не окружающим миром, чтобы классифицировать и привести в порядок наш сенсорный опыт. В этой связи

А. Эйнштейн писал: «Юм ясно видел, что некоторые понятия (например, причинность) не могут быть выведены из данных опыта логически... Все понятия, даже наиболее близкие к нашему опыту, с точки зрения логики являются произвольно выбранными условностями»[10].

Суть этой мысли А. Эйнштейна заключается в том, что наши чувства в действительности не могут воспринять ничего похожего на «причины», они воспринимают лишь тот факт, что сначала произошло первое событие, а следом за ним — второе. Человек воспринимает только последовательность событий, но не причину, которая является произвольно выбранным внутренним конструктом, применяемым к воспринятой взаимосвязи. По А. Эйнштейну, основополагающие законы реальности, которые мы учитываем, действуя в ней, не поддаются наблюдениям в рамках непосредственного опыта. Иными словами, теорию можно проверить опытом, но невозможно на основе опыта создать теорию. Чем ближе мы оказываемся к настоящим первичным взаимосвязям и законам, определяющим наш опыт и управляющим им, тем дальше мы отходим от всего, что подлежит непосредственному восприятию. Человек может физически ощутить не фундаментальные законы и принципы, управляющие его поведением и восприятием, а только их следствия.

Аристотель в работе «Вторая аналитика» выделил четыре основных типа причин, которые необходимо учитывать в любом аналитическом процессе, в том числе и при создании когнитивных репрезентаций реальности:

— *побудительные причины* — относящиеся к прошлому события, действия или решения, которые оказывают влияние на настоящее состояние системы через цепочку «действие—реакция»;

— *удерживающие причины* — относящиеся к настоящему времени взаимосвязи, допущения и условия, которые поддерживают текущее состояние системы вне зависимости от того, каким путем она пришла в это состояние;

— *конечные причины* — относящиеся к будущему задачи и цели, которые направляют и определяют текущее состояние системы, придают действиям значения, важность и смысл;

— *формальные причины* — базовые определения и образы чего-либо, т. е. основные допущения и когнитивные карты. Этот тип причин Аристотель называл «интуицией». Для того чтобы исследовать что-либо, необходимо иметь представление о том, что это явление в принципе существует.

В поисках *побудительных* причин проблема или ее решение рассматриваются как результат тех или иных событий и переживаний прошлого. Анализ *удерживающих* причин приводит к восприятию проблемы или ее решения как продукта условий, соответствующих текущей ситуации. При обсуждении *конечных* причин проблема рассматривается как результат мотивов и намерений вовлеченных в нее людей. В попытке найти *формальные* причины проблемы ее следует рассматривать как функцию тех определений и допущений, которые применимы к данной ситуации. Формальные причины сложнее всего установить, потому что они являются частью неосознаваемых допущений и посылок. Их поиск подразумевает исследование базовых определений, допущений и интуитивных представлений относительно проблемы или ситуации.

Таким образом, можно предположить, что человек строит когнитивные карты действительности для того, чтобы «навести в ней порядок» путем установления причинно-следственных отношений между разнообразными событиями и явлениями.

Сам процесс репрезентирования реальности включает в себя последовательность мысленных тестов и внутренних критериев, которые человек применяет для оценки «реальности» того или иного переживания или события. По сути дела, это есть те стратегии, с помощью которых мы отличаем «фантазии» от «действительности».

В детстве многим доводилось испытывать ощущение, что нечто воображаемое произошло на самом деле. Даже взрослые не всегда могут сказать наверняка, реальным или выдуманным было какое-нибудь яркое впечатление их детства.

Как показывают современные исследования когнитивных процессов, человеку не дано узнать наверняка, что такое реальность, поскольку наш мозг на самом деле не знает разницы между воображаемым и вспоминаемым. Фактически за воспроизведение того и другого отвечают одни и те же клетки мозга. Не существует такой части мозга, которая отвечала бы только за «фантазии» или «реальность». Поэтому человеку необходима когнитивная стратегия, которая подскажет, что информация, воспринятая органами чувств, прошла определенные тесты, которые не смогла бы пройти воображаемая информация. Оказывается, что характеристики сенсорной информации для реального переживания кодируются более тщательно, чем для воображаемого, и именно в этом заключается основное различие, которое можно считать *фундаментальным критерием реальности*, позволяю-

щим человеческой психике различить, разнести когнитивные репрезентации, относящиеся к реальному миру, и когнитивные репрезентации, относящиеся к воображаемым фактам, событиям, образам.

Свои суждения о действительности человек выносит прежде всего из когнитивных репрезентаций реальности, чем определяется адекватность его существования и результаты проявляемой активности. Он конструирует реальность на основе имеющихся у него ментальных карт (если быть более точным, то следует говорить о социальном конструировании реальности). Именно социальные репрезентации моделируют и корректируют индивидуальные репрезентации индивида. Но, прежде всего, человек сам определяет для себя степень соответствия своих представлений действительности, на основании чего и строит свое поведение.

Следовательно, проблема различения реального и воображаемого выступает в качестве основной когнитивной задачи, можно сказать, что в этом состоит назначение самого процесса познания. Фактически именно невозможность отличить воображаемое от действительности считается одним из симптомов психоза и других серьезных психических расстройств. Таким образом, понимание, обогащение, адаптирование и укрепление когнитивных репрезентаций реальности оказывается основным ресурсом психического здоровья и комфортного психологического состояния каждого человека.

Помимо фундаментального критериями реальности являются также *качества* внутренних зрительных образов человека, звуков и ощущений (так называемые субмодальности). Можно выделить еще следующие критерии, с помощью которых человек убеждается реальности происходящего[11]:

хронология — когнитивная репрезентация кажется соответствующей реальности потому, что оказывается первой ассоциацией, если человек начинает о чем-то думать или что-то вспоминать;

задействованность множества репрезентативных систем — с некоторой репрезентацией связаны определенные звуки, образы, чувства, вкусовые качества, запахи. Обычно чем больше органов чувств задействовано в представлении, тем более «реальным» оно кажется;

субмодальность — сенсорное качество внутреннего опыта является одним из наиболее распространенных критериев реальности. Если когнитивный образ наделен ассоциативными связями, насыщен, четок, его элементы соответствуют реальному масштабу и т. д., он кажется более «реальным»;

непрерывность — согласованность конкретной когнитивной репрезентации с воспоминаниями о событиях, непосредственно предшествовавших и следующих за ней («логическая плавность»). Если что-либо не вписывается в ряд других воспоминаний, оно кажется менее «реальным»;

правдоподобие — является оценкой вероятности того или иного события, явления на основе имеющейся у человека информации о предыдущих факта и связях. Какая-то репрезентация может казаться «нереальной», поскольку она неправдоподобна или невероятна с точки зрения имеющейся информации;

контекст — степень детализации обстановки или фона какого-либо события или явления также является параметром «реальности» произошедшего. Часто оказывается, что в искусственно созданной когнитивной репрезентации или переживании за кажущейся ненадобностью отсутствуют разные детали окружающей обстановки;

конгруэнтность — на реальность той или иной когнитивной репрезентации влияет также то, в какой мере она вписывается, ассоциируется с другими представлениями человека;

метавоспоминание — иногда у человека может остаться воспоминание о процессе создания и манипуляции воображаемой репрезентацией. Это метавоспоминание может оказаться главным критерием реальности;

ключи доступа — важнейшей частью многих когнитивных репрезентаций реальности, часто не осознаваемой, являются связанные с памятью нейрофизиологические реакции. Например, для правшей воспоминание, как правило, сопровождается движение глаз влево-вверх, тогда как фантазии — движением глаз вправо—вверх. Обычно нетренированный человек не осознает подобные тонкости, но может бессознательно пользоваться ими для разграничения реальности и вымысла.

Когнитивная наука анализирует, как мы создаем когнитивные (ментальные) карты реальности, что придает им стабильность, а что дестабилизирует. При этом предполагается, что в различных ментальных картах отражены разные признаки реальности.

Критерии реальности являются «клеем», который скрепляет когнитивные репрезентации и дает возможность узнать «истинность», достоверность, соответствие опыту чего-либо.

Важность понимания индивидуальных когнитивных репрезентаций заключается в том, что они придают «реальность», в том числе

и будущим представлениям и переживаниям, за счет возможности приводить свои фантазии и творческие замыслы в соответствие с реальностью, превращая их в действительность. Это дает возможность развить и обосновать собственную точку зрения, собственную когнитивную карту реальности и приобрести уверенность в ней, а также четче осознавать собственные мысли и субъективные ментальные переживания благодаря выявлению зачастую неосознаваемых репрезентаций и предположений, на которых они основаны. Это позволяет осознавать, что наши когнитивные репрезентации (обобщения, суждения, убеждения) являются именно «картами реальности», но не «территорией» (самой реальностью). Благодаря этому у человека появляется большая свобода выбора среди обилия присущих альтернативных вариантов.

Подводя итог изложенному, хочется отметить, что когнитивные исследования явно продемонстрировали, как подметил Г. Бейтсон, следующее обстоятельство: «...в дополнение к знакомому физическому детерминизму, характеризующему нашу вселенную, и всегда в согласии с ним существует также ментальный детерминизм. Этот ментальный детерминизм ни в каком смысле не сверхъестественен. Скорее, высказывание ментальных характеристик находится в самой природе макроскопического мира. Ментальный детерминизм не трансцендентен, а имманентен, и он особенно сложен и очевиден в тех областях вселенной, которые либо живы, либо содержат живые существа.

Однако западное мышление до такой степени сформировано предпосылкой трансцендентного божества, что многим людям трудно переосмыслить свои теории с позиции имманентности...

Поэтому, возможно, имеет смысл дать грубый эскиз различия между верой в трансцендентность и верой в имманентность.

Трансцендентный разум (или божество) воображается как личностное и вездесущее начало, получающее информацию по каналам, отделенным от всего земного...

...У имманентного разума нет отдельных внеземных каналов, через которые он мог бы действовать... Имманентное будет отличаться от трансцендентного в сторону большего детерминизма»[12].

Анализируя информационный подход, Г. Бейтсон выделяет в нем каузальное и кибернетическое объяснение.

Каузальное объяснение обычно позитивно (каждое свершившееся следствие имеет свою причину), а кибернетическое, напротив, — всегда негативно. Оно рассматривает мыслимые альтернативные

возможности и затем ставит вопрос о том, почему многие альтернативы не осуществились. Иными словами, конкретное событие рассматривается одним из нескольких, которые фактически могли бы случиться.

Кибернетическое объяснение исходит из того, что течение событий подвержено *ограничениям*. Фактически эти ограничения рассматриваются как факторы, определяющие неравенство равновероятных альтернативных исходов. С точки человека, пытающегося решить стоящую пред ним задачу, все внешние стимулы представляют собой источники информации, направляющие его в выборе альтернативы.

Другой важной тактикой кибернетического объяснения, является использование отображения или метафоры, т. е. возникает некая концептуальная модель, позволяющая описать сложное событие реальности. Формальные процессы отображения, трансляции и трансформации принципиально присущи каждому когнитивному шагу. С точки же зрения кибернетического объяснения, события или объекты — это прежде всего информация, «переносимая» этими событиями или объектами. Человек рассматривает последние как репрезентации фактов, утверждений, сообщений, перцепций и т. п.

В этой связи особый интерес представляют взаимоотношения *контекста* со своим содержанием. Фонема существует в качестве таковой только в комбинации с другими фонемами, составляющими слово. Слово есть контекст фонемы. Однако слово существует в качестве некоего смысла в большем контексте утверждения, которое, в свою очередь, имеет смысл только в отношениях. Эта иерархия контекстов — универсальная черта когнитивных наук.

Если вернуться к утверждению А. Кожибского «карта не есть территория», то можно задать вопрос: «Что же именно из характеристик территории переходит на карту?» Как уже подробно отмечалось, сама территория не переходит на карту. То, что попадает на карту, — это фактически разного рода *различия* (в высоте, характере, структуре, признаке и т. п.). Когда мы говорим об информации, об элементарной единице информации, то подразумеваем фактически *различимое различие*.

Мы отмечаем, что карта отличается от территории. Но что следует понимать под территорией? Технически говоря, некий субъект создает некую когнитивную репрезентацию, которая, в свою очередь, представляет собой визуальную, аудиальную или кинестетическую

репрезентацию индивида, создавшего карту. Следовательно, обращаясь вспять, можно обнаружить бесконечную регрессию — бесконечную последовательность карт. Фактически, территория есть «вещь в себе». Процесс когнитивного репрезентирования всегда будет отфильтровывать ее, поэтому ментальный мир — это только карты карт, и так до бесконечности. Все события, явления, объекты реального мира — есть «когнитивная видимость» в буквальном смысле слова.

Но по этой цепи можно двигаться и вперед, получая различные репрезентации, базирующиеся на информации. На ее основе осуществляются действия, которые представляют собой трансформацию различий во входном сигнале (обратная связь).

Можно утверждать, что объектом исследования современной когнитивной науки является именно *сознание* с гносеологической, методологической, аксиологической, праксиологической, этической, эстетической точек зрения[13]. Основной моделью при этом выступает *информационная*, т. е. когнитивная наука исследует весь комплекс вопросов, связанный с *приобретением, преобразованием, репрезентированием (представлением), хранением и воспроизведением* информации человеком, обладающим психической активностью. С этой точки зрения, процесс ментального репрезентирования реальности является одним из основных предметов рассмотрения всей системы когнитивных наук.

Резюмируя изложенное, можно отметить, что когнитивные науки постепенно выдвигаются на роль современной парадигмы научного познания. Одно из основополагающих положений этой парадигмы состоит в следующем: критерий адекватности когнитивной репрезентации заключается в *экологической полезности*, т. е. адекватная репрезентация может содержать не все признаки соответствующей области объективной реальности, но наиболее существенные «здесь-и-теперь» для создавшего и/или использующего ее субъекта.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Дилтс Р.* Моделирование с помощью НЛП. СПб., 2001.
[2] *Фоллмер Г.* Эволюционная теория познания. М., 1998.
[3] *Солсо Р.* Когнитивная психология. М., 1996.
[4] *Бейтсон Г.* Экология разума. М., 2001.
[5] *Stent G.* The Paradoxes of Progress. New York: W.H. Freeman, 1978.
[6] Цит. по: *Дилтс Р.* Моделирование с помощью НЛП. М., 2001. С. 38–39.

[7] *Дилтс Р.* Моделирование с помощью НЛП. М., 2001. С. 68.

[8] Там же. С. 69.

[9] *Бейтсон Г.* Экология разума. М., 2001.

[10] Цит. по: *Дилтс Р.* Фокусы языка. СПб., 2000. С. 144.

[11] *Дилтс Р.* Фокусы языка. СПб., 2000. С. 99–100.

[12] *Бейтсон Г.* Экология разума. М., 2001. С. 431–432.

[13] Традиционно в философии выделяют два объекта исследования — *бытие* и *сознание* (основной вопрос материалистической философии), а следовательно, действительность подразделяется на *объективный* мир, который существует вне и независимо от сознания человека, и *субъективный* мир, существующий в сознании человека, т. е. принципиально зависимый от данного конкретного индивида. Исследованием объективного мира занимается *онтология* — учение о бытии. Анализ познаваемости, достоверности (истинности) знаний (вторая сторона основного вопроса философии) об этом объективном мире составляет предмет *гносеологии*. Научное познание, как подраздел общей гносеологической тематики, есть предмет изучения *эпистемологии* (важной частью которой является *методология научного познания*). Ценностные характеристики, которыми человек наделяет различные свойства, явления, события реальности исследуются в таком разделе философии, как *аксиология*. Практическая значимость объектов окружающего мира, а также деятельности людей является предметом рассмотрения другого раздела философии — *праксиологии*. Философия также рассматривает морально-нравственные отношения, что составляет предмет *этики*, и проблему художественных ценностей — *эстетику*.

В.В. Лещенко

ТЕОРИЯ ОБЩИХ СИСТЕМ И ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МИРОВОЗЗРЕНИЯ ОБЩЕСТВА

Лучшей памятью к 100-летнему юбилею Людвига фон Берталанфи является использование сформулированных им фундаментальных положений в процессе развития системных исследований на современном этапе при построении теории общих систем и создании информационной модели мировоззрения общества[1].

В данной работе автор придерживается позиции, изложенной нашим математиком В. Арнольдом[2] в журнале Федерального Собрания[3]. Он вспоминал Жан Жака Руссо и Декарта. Первый долго не мог поверить в доказанную им самим формулу квадрата суммы до тех пор, пока не разрезал квадрат на соответствующие четыре части. Второй — изгонял из геометрии чертежи, а из математики и других наук — «всякое участие воображения». Декарт считал, что достигнуть успеха можно и рассматривая следствия придуманных причин, хотя бы и ложных. В. Арнольд писал: «Подобную же опасность представляет разделение наук на «прикладные» (нужные) и «чистые» (фундаментальные). Уже Пастер отмечал, что никаких специальных прикладных наук нет, не было и не будет: есть лишь науки, обнаруживающие истину. И приложения этих наук, использующие добытые истины. Попытки отделения «прикладных» наук приводили всегда и везде к катастрофическому падению уровня науки (а затем и техники)»[4]. От себя добавлю, что в области общественных наук те же попытки приводили к падению государств и гибели культур и цивилизаций. С этих позиций дается изложение материала настоящей работы.

Истоки теории систем видны уже во временах античности, когда и произошло слово «система», при переводе с греческого — целое, составленное из частей[5].

Понятие общей теории систем предложил Людвиг фон Берталанфи[6]. Концепцию он сформулировал в 1937 г. на семинаре по философии в Чикагском университете. Ее описание было опубликовано

в 1947 г.[7] С тех пор прошло более полувека. Поэтому в настоящее время специалисты, давая краткую историческую справку, относят ее зарождение к 40-м годам XX в., а формирование как самостоятельного научного направления — к 50-м годам того же века[8].

К настоящему времени известны различные версии общей теории систем, в том числе и названные именами авторов, предложивших их[9]. Проделана большая работа по исследованию и описанию достижений в этом направлении[10]. Проведенный В.Н. Садовским обзор позволил ему выделить, например, два основных представления в области теории систем. Первое — общая теория систем. Второе — обобщенная теория систем. Мною приведен отбор именно таких разновидностей теорий систем из соображений формирования представления о теории общих систем в сравнении с имеющимися.

В обзоре, посвященном системным исследованиям, В.Н. Садовский отмечал: «...В конкретных системных разработках, в теоретических описаниях системных исследований среднего уровня общности, в разных концепциях общей теории систем — мы сталкиваемся с внушительным многообразием подходов к определению понятия "система"»[11]. Для проведения сравнительного исследования различных вариантов представления системы им было отобрано около 40 различных определений, получивших наибольшее распространение в литературе. Так, Л. фон Берталанфи писал, что система может быть определена как комплекс взаимодействующих элементов f_1, f_2, ..., f_n[12]. Другой исследователь, А. Рапопорт, утверждал, что, с математической точки зрения, система — «это некоторая часть мира, которую в любое данное время можно описать, приписав конкретные значения некоторому множеству переменных»[13].

Обсуждения понятия «система«, описание его содержания и эволюции продолжается и в наши дни, как у нас в стране, так и за рубежом[14].

Не останавливаясь дальше на этом дискуссионном моменте, можно только отметить, что процесс обсуждения понятия «система» продолжает развиваться. Так, в 2000 г. Н.Н. Моисеев писал: «Условимся называть системой любую совокупность взаимодействующих элементов»[15]. При этом он отмечал, что любой объект, изучаемый нами, представляет собой систему. Такой подход имеет свои истоки еще в античные времена. Соответствующее направление научной мысли связывало представление о свойствах системы со свойствами ее элементов. Подход этот, предполагающий, что свойства системы можно вывести или исследовать на основе изучения свойств элементов ее

составляющих, получил название редукционизма. По мнению Н.Н. Моисеева: «Он сыграл огромную положительную роль в развитии естествознания»[16]. Правда, в дальнейшем исследователи обнаружили, что изучение всех свойств системы не может быть сведено к изучению свойств отдельных ее элементов. Например, зависимость плотности воды от температуры не выводима из свойств ее элементов — кислорода и водорода. Можно сказать, что некоторые системы как бы определяют свойства своих элементов. Не только свойства системы зависят от свойств элементов, но и свойства элементов, составляющих систему, могут зависеть от свойств системы. Говоря о системных представлениях различной природы, Н.Н. Моисеев заметил: «Порой мне представляется, что многие системы напоминают инженера, управляющего сложной машиной. Если какая-либо деталь не удовлетворяет его требованиям, он не исправляет ее, а просто выбрасывает и подбирает новую, лучше соответствующую требованиям к системе. Это обстоятельство особенно хорошо просматривается на уровне систем общественной природы»[17]. Обсуждая понятие системы, он замечал, что можно говорить о «целях» системы, какой бы природы она ни была. В системах мира живого — это стабильность, именуемая гомеостазисом. В неживых системах — это стабильность и развитие, непрерывное усложнение организационной структуры и многообразия элементов. В системах общественной природы он отмечал возникновение целого спектра целей. Причем в каждой из таких систем цели её подсистем далеко не всегда совпадают с целями самой системы. Отсюда возникает представление о соразвитии или коэволюции подсистем, которое означает такое развитие, которое не нарушает развития системы, частями которой они являются.

Наряду с множеством вариантов представлений понятия «система», описанных в различной литературе к настоящему времени, для данного исследования в избранном направлении автор сформулировал следующее: системой называется модель какого-либо объекта, явления или процесса, состоящая из множества элементов — категорий, понятий или определений, представленных в виде образов и взаимосвязей или отношений между ними.

По существу, здесь понятие модели совпадает с ее математическим представлением в теории алгебраических структур, где модели — это множества с определенными на них отношениями[18]. Они представляют собой частный тип алгебраических систем. Упорядоченные множества — специальный класс моделей.

Следует отметить, что в настоящей работе предложено проводить анализ единства во взаимосвязи систем различного рода, представленных соответствующими моделями, а не синтез этих систем. Автор исходит из предположения, что сам по себе мир един и не нуждается в синтезе или интеграции. В процессе познания мы ищем те модели, которые, отражая какую-либо из сторон мироздания, необходимы человеческому обществу для существования и выполнения своей миссии в этом мире. Поэтому человек, анализируя наблюдаемый им мир, старается отобразить это единство в виде взаимосвязанных моделей, пригодных для использования в развитии своих теоретических представлений и в практической деятельности. И тем самым учесть предостережения Иоганна Гёте, говорившего устами Мефистофеля:

«Во всем подслушать жизнь стремясь,
Спешат явленья обездушить,
Забыв, что если в них нарушить
Одушевляющую связь,
То больше нечего и слушать»[19].

Отмечу то фундаментальное положение, которое изложил Берталанфи еще в 1962 г. в своем критическом обзоре, где он писал: «Каждая наука является в широком смысле слова моделью, то есть понятийной структурой, имеющей целью отразить определенные аспекты реальности. Одной из таких весьма успешно действующих моделей является система физики. Но физика — это только одна модель, имеющая дело с определенными аспектами реальности. Она не может быть монопольной и не совпадает с самой реальностью, как это предполагали механистическая методология и метафизика»[20].

Того же мнения был У. Росс Эшби, который в своем исследовании общей теории систем как научной дисциплины[21] писал: «Многие разделы теоретической физики рассматривают объекты, которые не существуют и никогда не существовали: частицы, имеющие массу, но не имеющие объема, шкивы без трения, пружины без массы и т. п.»[22].

К. Боулдинг в своих работах[23], придерживаясь в теории систем подхода Л. фон Берталанфи, писал: «Общая теория систем — термин, вошедший в употребление для обозначения такого уровня теоретического моделирования, который расположен где-то между крайне абстрактными построениями чистой математики и конкретными теориями специальных дисциплин»[24].

Л. Берталанфи также отмечал: «Вероятно, возможно введение других моделей, имеющих дело с явлениями, находящимися вне компетенции физики»[25]. В дальнейшем это его предположение подтвердилось, и теория систем стала рассматривать не только физические, химические, биологические и другие явления, рассматриваемые в естественно-научной области, но и процессы, являющиеся объектом рассмотрения гуманитарных наук, например, экономики, социологии и политологии. Здесь также используются категории, понятия, определения в чистом виде и достаточно определенном смысле или количественном представлении. И так же, как и в случае с физикой, мы имеем дело с моделями, понятийными структурами таких наук, как экономика, социология и политология.

В данной работе я придерживаюсь еще одного фундаментального положения методологии системных исследований, которое Берталанфи сформулировал следующим образом: «Один из важных аспектов современного развития научной мысли состоит в том, что мы более не признаем существования уникальной и всеохватывающей картины мира. Все научные построения являются моделями, представляющими определенные аспекты, или стороны, реальности. ...Они не исключают друг друга и часто сочетаются при их использовании»[26].

Общая теория систем предполагает ее применимость во всех случаях системного представления, когда в рассматриваемой области можно выделить элементы и их связи друг с другом. Другими словами, она представляет собой всеобщую теорию систем. Предполагается при этом, что формальный аппарат такой теории должен быть применим к различного рода системам. В этом смысле, к примеру, И.В. Прангишвили в описании системного подхода использует понятие «общесистемные закономерности»[27].

В другом случае, в противоположность предыдущему представлению, полагают, что теория систем не может быть общей. Взамен используют понятие обобщенной теории, когда предлагается ряд теорий, описывающих системы различного рода или типа. Количество таких теорий может быть бесконечно большим.

В настоящей работе предлагается третье представление — теория общих систем[28], отличие которой от общей и обобщенной теорий систем состоит в следующем.

Теория общих систем предполагает, что не может быть всеобщей системы или суперсистемы, применимой во всех случаях системных

представлений объектов и описывающей все. С другой стороны, теория общих систем предполагает возможность преобразования существующих моделей разнородных систем в тот вид, при котором из нескольких таких систем, связанных между собой, можно было бы в рамках определенных граничных условий, например, пространственных и временных, создать модель, отображающую какую-либо сторону мироздания. В идеале должен существовать набор моделей разнородных систем, из которых можно было бы, выбрав доминирующие, создавать модели, отображающие восприятие человечеством различных аспектов мироздания в пределах существующих знаний. Под доминирующими системами понимаются те, которые достаточны для создания модели, адекватно отображающей определенный фрагмент мироздания или наблюдаемого нами процесса. Сама же модель в таком случае представляет собой общую систему.

Иллюстрация представления об общей системе изображена на рис. 1, где видно, что модель общей системы представляет собой взаимосвязанные модели доминирующих разнородных систем. На рисунке доминирующими являются: политические, экономические, социальные, экологические, правовые, этнические, промышленные и философские системы, взаимосвязь которых обозначена жирными линиями. Присутствуют здесь и остальные разнородные системы с взаимосвязями, обозначенными тонкими линиями, но они не являются доминирующими и поэтому в модель общей системы в данном примере не входят.

Каждая из разнородных систем состоит из семейства однородных систем. Экономические системы представлены множеством моделей экономики различных стран или различных отраслей промышленности одной страны. Политические системы представлены различными разновидностями монархических, капиталистических или социалистических государств. Экологические системы состоят из различных типов систем такого рода, представленных в виде моделей, отображающих взаимоотношения различных организмов и человека с окружающей средой. Причем каждая из этих моделей зачастую отображает определенный конкретный тип взаимоотношений. Подобным образом можно было бы продолжить иллюстрацию остальных семейств однородных систем.

К разнородным системам относят: экономические, политические, экологические, социальные, религиозные, информационные, безопасности, философские, технические, аграрные, промышленные, ес-

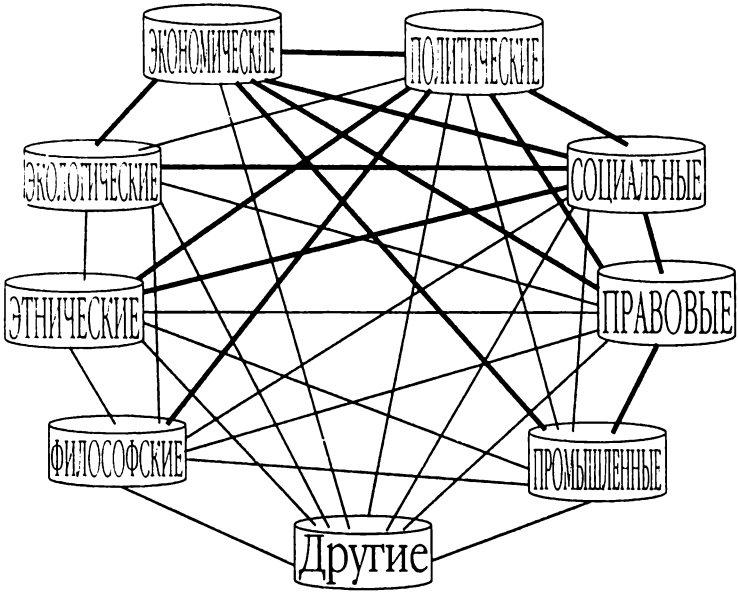


Рис. 1. Изображение модели общих систем, состоящей из разнородных систем и взаимосвязей между ними.

тественно-научные, этические, этнические, криминальные, правовые, демографические, образовательные, культурные, гендерные.

Содержательная часть элементов моделей перечисленных выше систем создается в процессе развития соответствующих наук: экономики, политологии, экологии, социологии и других. Таким образом, предлагаемое теорией общих систем построение модели позволит сохранить «одушевляющую связь» по И. Гёте.

При создании модели, отображающей общую систему, необходимо определить ее граничные условия, в рамках которых функционируют модели составляющих их разнородных систем, оказывающих доминирующее влияние на функционирование общей системы. К граничным условиям общей системы относятся, например:

— период времени, в течении которого рассматривается общая система;

— пространственное или географическое расположение области ее применения;

— исходное состояние ее в начале рассматриваемого временного периода;

— какие-либо иные условия.

Практически понятия универсальной алгебры применимы для представления каждой из разнородных систем: философских, технических, экономических, социальных и других. Все условия для этого созданы как развитием математики, так и различных областей, в которых она применяется. Примером тому может служить появление и развитие теории нечетких множеств и применение ее в различных областях человеческой деятельности[29].

Множество систем различного рода, о которых здесь идет речь, можно сравнить с алфавитом какого-либо языка. Пользуясь таким алфавитом, можно по определенным правилам составлять слова, предложения и в результате описывать интересующие нас объекты. Множество разнородных систем со временем будет меняться, как меняется алфавит языка. Кстати, таких языков может быть несколько, в зависимости от эпохи и формы развития цивилизации.

Таким образом, теория общих систем предназначена не для объединения наук, как это обсуждалось в 60-е годы XX в.[30], а для описания картины мира палитрой представлений о нем различными науками. Общая система не представляет собой систему систем[31], а всего лишь описывает взаимосвязь разнородных систем, имеющих свою модель, описываемую математическим аппаратом, который может отличаться от аппаратов используемых для описаний другого рода систем.

Методология[32] теории общих систем позволяет на современном этапе приступить к работам по созданию информационной модели мировоззрения общества[33]. Потребность в такой модели порождена бурным ростом потока информации и накоплением ее объема программно-аппаратными средствами.

Так, например, крупнейшая в мире Российская государственная библиотека, до недавнего времени называвшаяся Государственной библиотекой им. В.И. Ленина, по состоянию на 1 января 2001 г. включала в себя приблизительно 42,8 млн учетных единиц[34]. Из них книги и брошюры составляют 15,9 млн экземпляров, журналы — 13,1 млн экземпляров, диссертации — 758,8 тыс. экземпляров и т. д. И это количество увеличивается на несколько сот тысяч ежегодно (в 2000 г. на 357,8 тыс. экземпляров), представляя собой значительную часть информационной системы, являющейся информационным слоем — носителем культуры от античных времен до наших дней. В по-

следние несколько лет там созданы электронные каталоги книг, журналов, диссертаций и других источников, информация о которых доступна любому читателю в мире через глобальную компьютерную сеть Интернет[35]. Они представляют собой компьютерные программы специализированных систем управления базами данных, которые позволяют хранить в виде записей сведения об имеющихся в библиотеке книгах. Записи содержат, в частности, информацию каталожных карточек. Такие электронные каталоги выставлены на серверах и ряда других крупнейших библиотек России и различных стран мира. В 2000 г начали выполнение грандиозного проекта ELIBRON (Electronic Library Online) по переводу в электронный вид одного миллиона книг на двухстах языках, представляющих собой лучшие произведения, созданные за историю человечества. Речь идет о полнотекстовых документах в электронной форме.

Воспринять современный объем информации практически не по силам не только самым выдающимся личностям, но и целым научным институтам. Поэтому, с одной стороны, конечно же, необходимо структурирование накапливаемой информации, ее классификация в форме, пригодной для поиска необходимой ее части, нужно все разложить по полочкам, чтобы потом знать, где взять то, что ближе всего к запросам потребителя в данный момент. Но это пригодно только для поиска информации по определенной теме, классификации или названию источника, находящегося на хранении. Современные библиотеки, архивы, компьютерные базы данных и другие хранилища информации предназначены именно для этих целей. Соответственно они и развиваются. Нарастание объема накапливаемой информации и необходимость ее обработки с целью сохранения в порядке, приемлемом для дальнейшего использования, порождает, стимулирует интенсивное совершенствование технических средств, как аппаратных, так и программных. Существующие компьютерные программы контекстного поиска улучшают и ускоряют отбор материала по ключевым словам, но не решают проблемы содержательного поиска информации. По крайней мере, были проведены исследовательские работы[36] в этом направлении, которые показали, что при контекстном поиске в массиве информации многое из интересующего исследователя по заданной проблеме остается не выявленным, пропущенным. Содержательная часть, касающаяся рассматриваемой проблемы, изложена другими словами и предложениями, оборотами речи. Кроме того, собственно контекстный поиск не позволяет человеку даже физически

воспользоваться в достаточной мере его результатами. Наступает ситуация, когда информационная система начинает выполнять роль не проводника, обеспечивающего взаимосвязь между культурной и социальной системой, а изолятора. Это возникает тогда, когда человек уже не в состоянии использовать достижения культуры, историческое наследие человечества для своего развития и организации общественной жизни. Желая использовать глобальную информационную компьютерную и телекоммуникационную сеть Интернет для поиска значений определенных слов, он может воспользоваться компьютерными программами поиска[37] в глобальной сети серверов, на которых расположены информационные материалы электронных публикаций, содержащих это слово. Но задача ознакомления с версиями значений этого слова становится практически невыполнимой. Простейший пример тому — попытка задать поиск употребления слова «система». Воспользовавшись для этого поисковой системой Яndex, как это изображено на рис. 2, вы обнаружите, что оно встречается 12 578 397 раз на 3 829 170 страницах серверов Интернет. Если попытаться пройтись по этим страницам, использовав на просмотр каждой из них по одной минуте времени, то понадобится около 63 820 часов. Если работать по 8 часов в сутки, то необходимо 7 978 рабочих дней или 22 года при работе без выходных.

Поэтому, с другой стороны, ежедневно нарастающий информационный слой культуры создает предпосылки для стремительного развития взаимосвязи социальной и культурной систем посредством информационной системы. Однако это будет оказывать все возрастающее влияние на формирование социальной системы страны, науки, образования и различных институтов общества только в том случае, если удастся решить проблему создания соответствующей структуры информационной сферы и инструмента, позволяющего человеку ориентироваться в этом океане информации.

Таким инструментом может стать информационная модель мировоззрения общества, создаваемая согласно методологии теории общих систем. На рис. 3 схематически изображен процесс формирования в информационной модели на информационном культурном слое человечества элементов разнородных систем и взаимосвязей между ними. Для создания картины отражаемого информационной моделью мировоззрения, на которое мог бы ориентироваться каждый человек в обществе, целесообразно использовать методологию общих систем[38]. Наглядное изображение формирования элементов разнород-

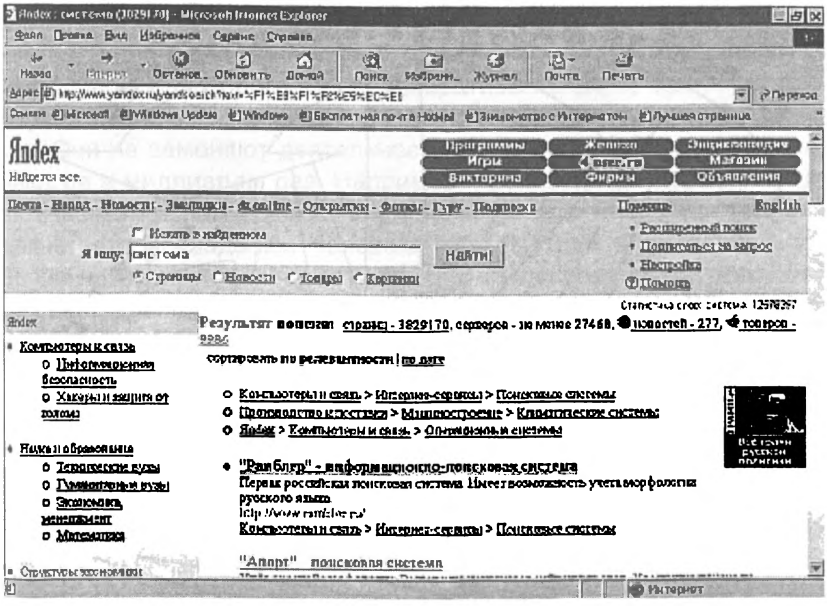


Рис. 2. Поиск информации по слову «система» 17 января 2001 года.

ных систем и взаимосвязей между ними, представленное на рис. 3, содержит три слоя информации, которые обозначены жирными линиями. Первый слой — средства массовой информации — это сообщения информационных агентств, печатных и электронных источников массовой информации, публикуемых в открытой печати статистических данных различных государственных и негосударственных служб или организаций. Сюда же относится весь объем информации, содержащийся в библиотеках и архивах. Различная научная и специальная техническая или технологическая литература. Второй слой — служебная информация, которая включает в себя различную правительственную, ведомственную информацию, как правило, для служебного пользования. Третий слой — закрытая информация — это информация спецслужб, начиная от Министерства внутренних дел, государственных ведомств контрразведки и разведки, например, Федеральной службы безопасности, службы внешней разведки и Главного разведывательного управления. Если первый слой составляет литература, открытая всем желающим, то второй — информация ограниченного доступа. Третий слой — это секретная и со-

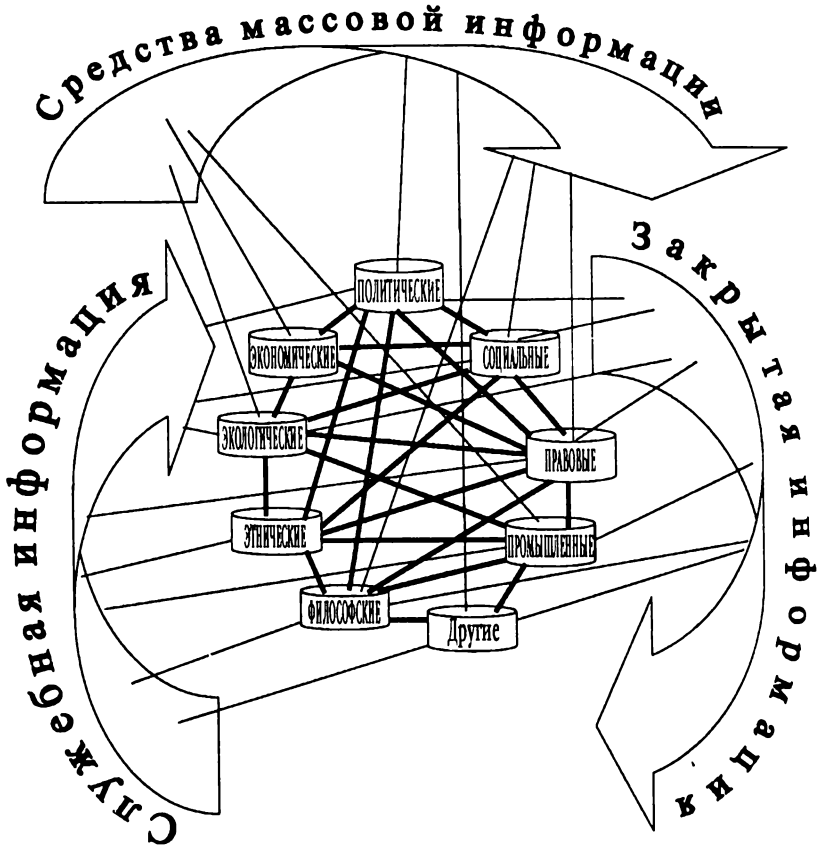


Рис. 3. Процесс формирования элементов разнородных систем и взаимосвязей между ними в информационной модели мировоззрения общества.

вершенно секретная информация. Цилиндрами с соответствующими надписями обозначены разнородные системы — политические, социальные, экономические и другие. Взаимосвязи между ними изображены относительно толстыми линиями. Тонкими линиями показано формирование элементов из слоев информации.

Использование информационной модели мировоззрения общества сможет играть решающую роль в социальном управлении как в отдельных странах, так и в мировом сообществе. Многие авторы

отмечают наступление информационной эпохи в истории человечества. Это очевидный процесс, отмеченный ростом производства информационных программно-аппаратных средств, сферы их распространения в жизни общества, создания соответствующих структур. Они не заменяют деятельность человека в природе, а усиливают ее в миллиарды раз. Например, производить операции с десятичными числами может и человек. Но электрическая машина делает это по заданию человека все быстрей и быстрей. Если 30 лет назад тактовая частота работы процессора компьютера была равна миллиону герц, то уже сегодня она достигла 2 миллиардов герц и продолжает стремительно расти. Соответственно, производительность выполнения человеком десятичных операций с числами при помощи современных машин увеличивается в два миллиарда раз. Ранее не было таких возможностей для создания информационной модели, как и не было такого стремительного роста объема информации.

Один из возможных вариантов социального управления государством с использованием информационной модели мировоззрения представлен на рис. 4, на котором изображена технология формирования модели общих систем и ее взаимодействия с обществом, аппаратом государственного управления, научно-исследовательскими институтами и информационными потоками. Как уже было сказано, из описанных выше трех слоев средств массовой информации, служебной и закрытой информации проводится формирование элементов разнородных систем и взаимосвязей между ними. Эту работу проводят исследователи научно-исследовательских институтов и центров. Здесь понятие институтов имеет более широкое значение, чем просто юридически зарегистрированные организации. Выделенные элементы и взаимосвязи между ними используют для построения модели общих систем. Именно она предназначена для того, чтобы служить обществу, аппарату государства и исследователям для восприятия окружающего мира и жизни общества в нем. Последние дают информацию об отражении моделью происходящих процессов и адекватность ее картине мира и общества.

Изображенная на рис. 4 картина отражает информационный аспект контура самоорганизации общества. Чтобы организовывать свою деятельность в природе и обществе, человек должен ориентироваться на мировоззрение, отражаемое информационной моделью мировоззрения, которую в свою очередь формирует общество через

Рис. 4. Технология формирования информационной модели мировоззрения общества и ее взаимодействия с аппаратом управления государством, обществом, научно-исследовательскими институтами и центрами.

своих членов. Последнее позволяет ему развиваться, выполняя свою миссию в природе.

К настоящему времени нет широкомасштабного или значительного внедрения описываемой технологии на практике. В частности, например, никакого внедрения предлагаемой методологии в работу фе-

деральных министерств или Правительства России не было и нет и по сей день. Но справедливости ради необходимо отметить, что применение методологии идет другим, неожиданным для меня путем. В сентябре 2000 г. в Российской академии государственной службы при Президенте РФ была создана кафедра организации социальных систем и антикризисного управления. Соответственно, в специальность 06.10.00 — «Государственное и муниципальное управление» была введена специализация «Антикризисное управление социальными процессами». В ее рамках государственным служащим читаются курсы — введение в теорию систем и социальная информатика, содержащие следующие темы, в которых излагаются основы теории общих систем и соответствующей методологии: основы математического представления систем; общие системы (теоретические и прикладные аспекты); информационная модель мировоззрения (лекции и технологический практикум). С другой стороны, Российский фонд фундаментальных исследований поддержал в 2001 г. два проекта, в которых используется методология теории общих систем. Первый — это проект РФФИ № 01-06-80433 под названием «Фундаментальные принципы построения глобальной концепции устойчивого развития». В нем работа основывается «на системном представлении процессов в обществе и природе путем построения на основе создаваемого электронного каталога информационной модели взаимосвязанных разнородных систем, таких, как, например, экономические, социальные, экологические, политические и другие системы»[39]. Второй — проект РФФИ № 01-07-90310 под названием «Электронная библиотека диссертаций в теледоступе». В нем «планируется разработать информационную модель, которая строится согласно теории и методологии общих систем, представляющих собой взаимосвязанные доминирующие разнородные системы, такие, как политические, экономические, социальные, философские и другие»[40].

Предполагается, что использование методологии теории общих систем позволит руководителям подразделений (отделов, управлений, департаментов) федеральных и региональных министерств и служб организовать работу возглавляемых ими коллективов таким образом, чтобы она приобрела корпоративный, высокоорганизованный характер не только внутри коллектива, но и в его связях с другими коллективами (парламента, правительства, министерств и федеральных служб) в системе государственной службы России. Таким образом сбывается предположение Л. Берталанфи, писавшего о вве-

дении других моделей, имеющих дело с явлениями, находящимися вне компетенции физики[41].

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Лещенко В.В.* Информационная модель мировоззрения // Синергетика, философия, культура. М., 2001.

[2] Арнольд Владимир — доктор физ.-мат. наук, действительный член Российской академии наук, лауреат Ленинской премии СССР.

[3] *Арнольд Владимир.* Зачем списывать с чужих тетрадей? // Российская Федерация сегодня. 2001. № 2.

[4] Там же. С. 3.

[5] Словарь иностранных слов. М., 1989. С. 469–470.

[6] *Bertalanffy L. von.* General System Theory — A Critical Review // General Systems, vol. VII, 1962.

[7] *Bertalanffy L. von.* Vom Sinn und der Einheit der Wissenschaften // Der Student, Wien, vol. 2, 1947, № 7–8.

[8] *Острейковский В.А.* Теория систем: учебное пособие для вузов по специальности «Автоматические системы обработки информации и управления». М., 1997.

[9] *Урманцев Ю.А.* Симметрия природы и природа симметрии (философские и естественнонаучные аспекты). М., 1974; *Уемов А.И.* Системный подход и общая теория систем. М., 1978; *Урманцев Ю.А.* Общая теория систем: состояние, приложение и перспективы развития. Система, симметрия, гармония. М., 1988.

[10] *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. М., 1974.

[11] Там же. С. 78.

[12] *Bertalanffy L. von.* An Outline of General System Theory // The British Journal for the Philosofophy of Science, vol. I, 1950, N 2. P. 143.

[13] *Рапопорт А.* Математические аспекты абстрактного анализа систем // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей редакцией В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. М., 1969. С. 98.

[14] *Агошкова Е.Б., Ахлибинский Б.В.* Эволюция понятия системы // Вопросы философии. 1998. № 7.

[15] *Моисеев Н.Н.* Универсум. Информация. Общество. М., 2001. С. 33.

[16] Там же.

[17] Там же. С. 34.

[18] *Плоткин Б.И.* Алгебраические структуры. Выпуск 1. Основные понятия общей теории алгебраических систем. Рига, 1973. С. 36.

[19] *Гёте И.В.* Фауст. М., 1969. С. 95.

[20] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей редакцией В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. М., 1969. С. 27.

[21] *Ashby W. Ross.* General Systems Theory as New Discipline // General Systems, vol. III, 1958.

[22] *Эшби У. Росс.* Общая теория систем как новая научная дисциплина // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей ред. В.Н. Са-

довского и Э.Г. Юдина. М., 1969. С. 129.

[23] *Boulding K.* General Systems Theory — the Skeleton of Science // General Systems, vol. I, 1956; *Boulding K.*, General Systems Theory — the Skeleton of Science // Management Science, vol. II, 1956.

[24] *Боулдинг К.* Общая теория систем — скелет науки // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей редакцией В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. М., 1969. С. 106.

[25] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей редакцией В.Н. Садовского и Э.Г Юдина. М., 1969. С. 27.

[26] Там же. С. 32.

[27] *Прангишвили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. М., 2000.

[28] *Лещенко В.В.* Основы теории общих систем // Анализ систем на пороге XXI века: теория и практика. Материалы Международной научно-практической конференции в 4-х томах. Т. 3. М., 1997.

[29] *Асаи К., Ватада Д., Иваи С.* и др. Прикладные нечеткие системы. М., 1993.

[30] *Садовский В.Н.* Основания общей теории систем (Логико-методологический анализ). М., 1974. С.180–184.

[31] *Карташев В.А.* Система систем. Очерки общей теории и методологии. М., 1995.

[32] *Лещенко В.В.* Метод общих систем // Проблемы общественного развития. 1998, № 1–2.

[33] *Лещенко В.В.* Информационная модель мировоззрения // Синергетика, философия, культура. М., 2001.

[34] Новости: Февраль 2001 / Российская государственная библиотека. М., 2001. С. 33.

[35] Адрес сервера Российской государственной библиотеки в сети Интернет: *http://www.rsl.ru*

[36] Исследования были проведены О.В. Гаман-Голутвиной — доктором политических наук, профессором кафедры политологии и политического управления Российской академии государственной службы при Президенте РФ, совместно с автором в 2001 г. На момент написания данной работы они не опубликованы.

[37] Например, в России это программы на серверах: *www.aport.ru*; *www.rambler.ru*; *yandex.ru* и *www.ortv.ru/internet*. Последний содержит перечень многих поисковых систем в сети Интернет.

[38] *Лещенко В.В.* Основы теории общих систем // Анализ систем на пороге XXI века: теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции в 4-х томах. Том 3. М., 1997; *Лещенко В.В.* Метод общих систем // Проблемы общественного развития. 1998, № 1–2.

[39] Проект РФФИ № 01-06-80433 «Фундаментальные принципы построения глобальной концепции устойчивого развития», раздел 4.3. Предлагаемые методы и подходы.

[40] Проект РФФИ № 01-07-90310 «Электронная библиотека диссертаций в теледоступе», раздел 5.5. Общая характеристика создаваемого ИВТР.

[41] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. Под общей редакцией В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. М., 1969. С. 27.

В.П. Казарян

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Мы отмечаем столетие со дня рождения Л. фон Берталанфи, но одновременно есть еще одна юбилейная дата, связанная с его творчеством: исполняется 50 лет со времени опубликования известной его статьи «Общая теория систем: новый подход к единству науки»[1]. Она способствовала широкому проникновению системного подхода в науку управления, в том числе в исследования проблем принятия решения. Этот процесс прошел ряд стадий и форм, которые определяются характером управленческих проблем и инструментарием, которым располагает системный аналитик.

Краткий очерк развития системного анализа

История взаимоотношения технологий управления и системного анализа является богатой и поучительной во многих отношениях. Системный подход в управлении — это не что иное, как попытка внедрить рациональный научный метод в решение проблем управления. В недавнем прошлом большие надежды в этом отношении возлагались на различные варианты общей теории систем. Вызывавшие восхищение своей утонченной абстрактностью и универсальностью, они оказались неподходящими в случае решения конкретных проблем реальной жизни, с которой имеет дело практикующий менеджер. Речь идет о приятии решений в практическом управлении, в жизненных ситуациях, а не в искусственных лабораторных условиях.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), может иметь дело с проблемами разного уровня сложности: от простых до очень сложных. Это могут быть такие проблемы, как организация бизнес центра, нового департамента в государственной службе здравоохранения; управление центральным агентством компьютеров и телекоммуникаций в правительственной службе; организация структуры отдела реали-

зации продукции компании, поставляющей компьютеры; размещение аэропорта; охрана воздушной среды; борьба с употреблением наркотиков; медицинская диагностика и лечение; стратегические проблемы бизнеса; проектирование новой транспортной системы; строительство новой электростанции; строительство нового моста через реку в данном месте; какую политику следует выбрать руководству, чтобы «наилучшим образом» достичь целей компании; какие из стратегий реагирования, используемые городским пожарным управлением, ведут к наилучшей работе службы; можно ли значительно улучшить процесс выдачи лицензий и размещения атомных электростанций; как следует разделить бюджет между различными учебными дисциплинами программы образования; следует ли в городе снизить разрешаемый законом допустимый предел содержания сернистых соединений в горючем; улучшение работы службы скорой помощи; улучшение работы налоговой службы; построить лучший в мире гражданский самолет; электрифицировать всю страну; получить максимальную прибыль; улучшить доступность и переливание крови; улучшить службу пожарной охраны; защитить устье реки от наводнения; обеспечение энергией в будущем; обеспечение жильем семейств с низким доходом; борьба с лесными вредителями; межбассейновая переброска рек и др. Мерой сложности выступает возможность структурирования проблемы.

В зависимости от характера проблемы и от квалификации ЛПР (им может быть и один человек, и группа людей) функции системного аналитика и лица, принимающего решение, могут быть разделены между разными людьми или же совмещены в одном лице. Вообще говоря, системный анализ с пользой может применяться, вероятно, только там, где существует обстановка зрелого (искушенного) руководства.

Для системного аналитика проблема чаще всего выступает как проблемная ситуация, которая характеризуется некоторым нынешним существующим и предполагаемым состоянием. Выразить (теоретически сконструировать) эти состояния и связи между ними, довести исследование до осуществления на практике — это и есть работа системного аналитика. Практика в данном случае — это решение, которое принимает и реализует ЛПР. Системный аналитик работает для ЛПР, на ЛПР, а не абстрактно, не «вообще» на все случаи жизни. Его род деятельности более похож на идеографические науки, чем на номотетические. Он постигает индивидуальный случай, а не

повторяющийся, хотя и использует в своих целях на некоторых этапах знания из номотетических дисциплин.

Дальнейший прогресс в системном мышлении и в управленческой науке приводит к большему взаимопониманию системного аналитика и менеджера. Их совместная работа часто оказывается полезной. Природа системного анализа состоит в том, чтобы исследовать трудные проблемы на границе нашего понимания. Говоря кратко, аналитик пытается превратить в хорошо поставленную задачу то, что изначально во многих случаях было лишь проблемной ситуацией, ощущением, что дела обстоят не так, как надо, но без знания того, что надо сделать.

Развитие системного анализа обнаруживает значительные изменения в интеллектуальном содержании, методах и целях. За тактическими задачами, сформировавшими основные объекты исследования во время второй мировой войны, последовали стратегические, изучаемые экспертами по обороне в 1950–60-е годы. Современные системные аналитики заняты социальными и экономическими проблемами: регулирование и контроль над загрязнениями, энергетика и образование, жилищный вопрос и здравоохранение. Произошли и соответствующие изменения в методах: от анализа данных и дифференциальных уравнений в ранних военных задачах до статических и динамических оптимизационных моделей современной теории исследования операций и эконометрических моделей политического анализа. Изменялись и цели. Если цель первых экспертов по военным операциям была существенным образом эмпирической — дать научное объяснение фактам и сделать успешный прогноз, касающийся эффективности нового оружия и новой тактики, то цель системных аналитиков — помочь принимающему решение в выборе среди альтернативных путей действия. У современного системного анализа есть также функция — являться средством убеждения и аргументации в политических дебатах.

Принять решение — значит сделать выбор. Другими словами, процесс принятия решения предполагает наличие альтернатив последовательности действий; при этом альтернативы известны лицу, принимающему решение (ЛПР); а лицо, принимающее решение, знает то, что он хочет создать посредством предпринимаемого изменения и осознанно выбирает одну из альтернатив. При этом принятие решения осуществляется в реальном времени и в реальной жизненной ситуации (ЛПР — это лицо или организация, отвечающие за изменение.)

Помочь лицу, принимающему решение, — значит помочь в достижении его истинных целей. Помощь может оказываться в разной форме: это могут быть советники, соответствующие комитеты, группы поддержки решений... Одним из руководств в поисках решения, помогающим достичь лучших результатов, чем без него, является системный анализ.

Системный анализ является одной из версий системных исследований, активно развиваемой и широко применяемой, с 50-х годов XX столетия. Аналитики обычно трактуют системный анализ, осуществляемый ими, как попытку ответить на вопросы, встающие в процессе выбора решения, и помочь лицу, принимающему решение, справиться с проблемой выбора в условиях неопределенности. Цель системного аналитика состоит в том, чтобы предъявлять ЛПР полезные результаты, которые являются определенными настолько, насколько это диктует практическая (жизненная) ситуация. При этом принципиально важно найти такие пути лучшего решения, которые были бы усвоены и реализованы лицом, принимающим решения.

Помощь, которую может системный аналитик оказать лицу, принимающему решение (ЛПР), заключается в том, чтобы:

— построить и предъявить альтернативы;

— представить оценки этих альтернатив с точки зрения некоторых выработанных критериев;

— оценить, какая из целей ЛПР более соответствует его интересам;

— выявить интересы ЛПР;

— определить связь этих интересов с целью, которую преследует ЛПР;

— определить цели, которые могут выразить подлинные интересы ЛПР;

— показать, чьи интересы нарушены, чьи интересы не учтены в случае принятия той или иной альтернативы;

— выявить и проанализировать ситуации, которые ускользают от внимания ЛПР;

— помочь выбрать альтернативу, наиболее соответствующую интересам лица, принимающего решение, и лучшую в условиях ограничения времени и других ресурсов.

При этом представление результатов осуществляется на языке, понятном для неспециалиста в области системного анализа, в форме, понятной лицу, принимающему решение. Этот момент является

принципиально важным в деятельности системного аналитика, ибо в противном случае его профессиональная деятельность оказывается бессмысленной и лишь компрометирует себя в глазах возможных пользователей. В случае успеха системный аналитик вносит научное рациональное веяние в процесс принятия решения, затрудняя победу иррационального.

Отдельную проблему представляет организация общения системного аналитика и лица, принимающего решение, на всех стадиях неформального исследования проблемной ситуации. Плохое прохождение этих стадий, как до построения формальной модели, так и после построения ее, сводит на нет все усилия или есть вероятность, что при хорошем удачном исследовании ЛПР не захочет реализовывать рекомендации аналитика.

Достижение хорошего понимания проблемной ситуации — главнейшее условие успешного действия системного аналитика. «Нет недостатка в вычислительных средствах. Есть недостаток в понимании» (Э. Квайд).

Плодотворный контакт системного исследователя с лицом, принимающим решение, как показывает практика, возможен в том случае, если пользователь знаком с системными исследованиями и понимает их смысл, а исследователь владеет методами общения.

Проблемные ситуации, в которых приходится принимать решения, бывают различных типов. В соответствии с ними изменяется и характер системного исследования. В настоящее время системные исследователи считают полезным различать проблемные ситуации по степени определенности в задании цели, которую желательно достичь в результате принятия решения. Проблемная ситуация называется структурируемой, если цель, которую преследует лицо, принимающее решение, удается сформулировать. Проблемная ситуация называется неструктурируемой, если цель остается неясной, не сформулированной определенно. При этом налагается запрет на редукцию (сведение) неструктурируемой ситуации к структурируемой, поскольку в противном случае элиминируется самое важное из проблемной ситуации.

Сложный проект — это, как правило, не только проект технический, но и проект человеческих отношений. При их разработке приходится учитывать специфику человеческой деятельности. Как следствие, произошло расширение системного анализа на проблемные ситуации, в которых доминирующим является человеческое поведение.

В ходе этого процесса сформировались новые гибкие версии системного исследования. Методология гибких систем П. Чекленда более всего применяется в процессе решения деловых проблем в неструктурируемых проблемных ситуациях.

Исследование структурируемых проблемных ситуаций, жестких — как их стали называть, остается областью исследования системного анализа.

Есть ли какая-нибудь специфика новой версии с точки зрения участия системного исследователя в процессе принятия решения? Да, есть. Во-первых, целью исследования является не построение альтернатив, а улучшение проблемной ситуации посредством обеспечения более глубокого понимания ее всеми участниками.

Ведь обычно предметом исследования в этом случае является тупиковая проблемная ситуация, когда никому не ясно, что можно сделать осмысленно. Во-вторых, в этой версии особое внимание уделяется неформальным стадиям исследования, на которых чрезвычайно важно наладить взаимопонимание с лицом, принимающим решение, и буквально со всеми участниками проблемной ситуации. Настолько хорошее взаимопонимание, чтобы принимаемое решение о проведении изменения казалось им естественным. Коммуникационная кампания представляет особую проблему. Это фаза системного анализа, задача которой заключается в том, чтобы суметь донести результаты исследования (вскрывающие в том числе и основания его возможного решения, и действия) до пользователя — ЛПР.

Рациональное и человеческое

Особенностью наук об управлении в 60–70-х годах являлось представление ими человека в виде рационального автомата. Это приводило к трудностям в реализации научных идей в практике управления и к серьезным сомнениям в плодотворности научных изысканий в этой области. Совершенствование управления организациями в условиях быстро изменяющейся внешней среды, неопределенности и риска происходит посредством отказа от ряда классических представлений об управлении и сложившихся ранее стереотипов управленческого мышления. В частности, была обнаружена значимость «человеческого» для судеб организации. «Человеческое» — это интересы, желания (намерения), мотивы, настроенность,

смыслы, неявное знание... Они являются основаниями действий человека, которые он совершает в организации. Но далеко не всегда они осознаны самим человеком. Потребовались новые технологии, которые позволяли бы выявить эти основания, выразить их в явной форме и использовать в управлении. Рефлексивные процессы стали ресурсом.

Для того чтобы организация могла сохраняться и изменяться (т. е. развиваться), внутренний мир организации должен быть способен к творческому изменению — это аксиома концепций управления изменениями. Творческая деятельность осуществляется людьми этой организации: и лицом, принимающим решение (ЛПР), и другими, в том числе и «рядовыми», сотрудниками (последнее особенно важно в концепциях организационного обучения и управления знаниями в организации).

Непременной предпосылкой способности к изменению (в данном контексте это равносильно творчеству) является способность к рефлексии — осознанию предпосылок, мотивов, целей своей деятельности, а также тех ценностей и смыслов, которыми человек руководствуется. Его видение мира, понимание себя в нем самым непосредственным образом сказывается на характере совершаемых действий, на оценке действий других и на принимаемых решениях. Человек живет в мире ценностей и смыслов, видит и понимает мир через очки *своих* ценностей и смыслов и в этом *своем* мире конструирует себя, свое будущее и настоящее. Этот момент получил свое яркое выражение, в частности, в концепции гибкого системного мышления П. Чекленда. Человек как человеческое (versus человек как функциональное, ролевое, рационально-автоматическое) выходит на первый план в современных концепциях управления.

В настоящее время достаточно хорошо разработана процедура выявления и разработки оснований для принятия решения в сложной проблемной ситуации. Необходимо подчеркнуть, что сам системный анализ системно организован. Итерационные процессы связывают его различные блоки и позволяют неоднократно уточнять проблемную ситуацию.

Особенно сложный характер сопутствующие рефлексивные процессы имеют в разрешении неструктурируемых проблемных ситуаций, когда вступают в игру правила гибкого (мягкого) системного анализа. Как правило, оказывается, что на стадии инициирования системного анализа ЛПР знает лишь смутно о своих намерениях и сво-

их собственных интересах. Выявление, осознание и выражение (объективирование) собственных целей и интересов — необходимое условие успешности его действий. Они, подлинные, чаще всего оказываются скрытыми не только для аналитика, но и для самого ЛПР. Применение системного анализа, использующего методологию гибких систем, позволяет приблизиться посредством ряда итерационных процедур к прояснению, обнажению внутренних основополагающих составляющих менталитета ЛПР (внутреннего мира). Намерения ЛПР не превращаются сами собой в цель без предварительного исследования и обсуждения. Цели определяются логикой и культурой, деньгами и временем.

Важно подчеркнуть, что любое управленческое действие ЛПР выражает его намерения, интересы, ценностные ориентации. Тем самым делая прозрачным и факт его персональной ответственности за принимаемое решение. Одним из основных начальных шагов системного анализа является определение цели как элемента процедуры формулирования проблемы. Цель — это термин, который используется для того, чтобы описать результат, подлежащий достижению. Чтобы работа не оказалась бессмысленной, прежде всего системный аналитик пытается установить цели лица, принимающего решение, — чего тот хочет добиться, выяснить его намерения, его желания. В некоторых случаях эти цели и желания просты. Например, когда руководитель фирмы имеет только одно желание — получать прибыль.

Но, как правило, руководитель сколько-нибудь высокого ранга имеет не одно желание (намерение, цель), а несколько. Например, он хочет не только получать прибыль, но и повышать свой престиж среди людей своего круга. Он хочет к тому же оказывать влияние на политическую жизнь города, региона, страны. Эти желания-цели могут и противоречить друг другу.

На достаточно высоком уровне руководства ЛПР часто формулирует намерения-желания-цели, которые носят очень общий характер. Например, улучшить медицинское обслуживание населения, создать лучший в мире военный самолет, улучшить положение дел на фирме. Чтобы перейти от целей-желаний к действию по осуществлению желания, аналитик прежде всего пытается формализовать выявленное желание.

Системный аналитик выясняет варианты целей, достижение которых соответствует смыслу желаний-намерений ЛПР. Он конструирует приемлемые для ЛПР критерии оценки альтернатив и ограниче-

ния. Он разрабатывает варианты действий по достижению целей (генерирует альтернативы), выявляет последствия достижения этих целей (прогнозирует будущее состояние ситуации), определяет и оценивает последствия действий. Уточнения, предпринятые аналитиком, позволяют ЛПР уточнить свою позицию.

Каким образом системный аналитик выявляет намерения-цели ЛПР? Учеными разработаны специальные методы для этого. Прежде всего — построение графа целей и задач, который представляет собой иерархическую структуру, состоящую из конечного числа уровней. На каждом уровне, кроме высшего, расположены задачи, которые необходимо решить для достижения цели более высокого уровня. В свою очередь, для решения задач данного уровня, кроме низшего, необходимо решить задачи более низкого уровня. Задачи низшего уровня могут быть решены на основе имеющегося ресурса. Цели высшего уровня являются конечными целями, которые соответствуют смыслу намерения-желания-цели ЛПР.

Но часто бывают ситуации, когда подлинные намерения-цели человека, особенно если он является единственным лицом, принимающим решения, бывают скрыты за высказываемыми им явно целями. Это сокрытие истинных намерений может быть и сознательным, и неосознанным. Аналитик должен понимать, что если у ЛПР есть скрытые намерения, то именно они будут играть важнейшую решающую роль в принятии решения. Именно их аналитик постарается выявить. Здесь его работа напоминает работу психолога и разведчика. Насколько хорошо он этим мастерством владеет, настолько высок будет его профессионализм как системного аналитика.

Проблемные ситуации, в которых в конечном счете можно сформулировать цели, выражающие желания-намерения ЛПР, носят названия структурируемых проблемных ситуаций. К их изучению применяется методология жестких систем. Основы ее известны под названием «системный анализ в стиле RAND-Corporation». Но в практике встречаются случаи, когда не удается ясно сформулировать намерения ЛПР. Это часто происходит в ситуациях, репрезентируемых системами человеческой деятельности, в которых большую роль играют неотъемлемые человеческие свойства всех людей, чьи действия и составляют систему. Такого рода проблемные ситуации называются неструктурируемыми проблемными ситуациями. Они изучаются и конструируются на базе методологии гибких систем, один из вариантов которой разработан П. Чеклендом.

Им и его коллегами были предприняты попытки применить жесткий подход к менее определенным проблемам (проектированию менее хорошо определенных систем для достижения менее определенных целей). Они попытались применять его в запутанных ситуациях, в которых не было четкого описания существующей проблемы.

Инженерный подход, который сильно повлиял на формирование системного анализа (одной из версий системных исследований), всегда означает точность, однозначность решений — необходимый характер того или иного действия. Инженерное конструирование подразумевает вполне определенный смысл конструкторской деятельности — однозначный смысл системы, ее элементов, процессов, происходящих в системе, и соотношения процессов и элементов. Когда же речь идет о системах человеческой деятельности, которые в большинстве своем являются гибкими системами, мы встречаемся совсем с другой ситуацией.

Сама идея о том, что системы человеческой деятельности являются гибкими системами, заслуживает внимания с точки зрения социального управления. Ибо если они гибкие, то инженерия человеческих отношений окажется невозможной. Гибкая система — это система, которая не имеет цели. Обычно мы считаем, что действие целенаправленно, что структура действия включает в себя цель. Психология скажет нам, что человек действует целенаправленно: человек отличается от животного тем, что сначала имеет в своей голове идеальный образ желаемого. Цель определяется как состояние в определенный будущий момент времени. По отношению к системам человеческой деятельности мы получаем, что отдельное действие является целенаправленным, а система целенаправленных действий не является таковой. Это противоречит обычным представлениям: так, обычно говорят, что фирма существует для того, чтобы получать прибыль, университет существует для того, чтобы обучать студентов, милиция существует для того, чтобы охранять общество от преступников, правительство существует для того, чтобы обеспечить благосостояние государства. Если перечисленные организации — фирма, университет, милиция, правительство — проанализировать повнимательнее, то окажется, что при попытке представить эти организации как системы никакого единственного представления их системой мы не найдем. Определение системы зависит от того, в какое более широкое представление об окружении этой системы мы его включаем и как оцениваем его назначение. Мир человеческих смыслов оказы-

вается решающим в интерпретации системы. При этом обычное определение может оказаться не только не единственным, но и сильно отличающимся от других.

Использование языка систем и вместе ним основных принципов системного подхода приводит к уточнениям, часто неожиданным с точки зрения обычных представлений. Принимая этот подход и следуя ему логически, мы принимаем различные определения. Чем более полную картину системный исследователь сумеет построить, чем больше возможных определений он выявит, тем больше шансов понять возникшую проблемную ситуацию и совершить нужные изменения.

Человек осмысливает наблюдаемую им действительность, связывая ее со своим внутренним миром. Воспринимаемая действительность значима для него в рамках определенного, присущего именно ему видения мира (или, другими словами, мировоззрения), которое во многих случаях считается само собой разумеющимся. Это относится не только к различному толкованию природных явлений, например, перемещения Солнца по небосводу по Птолемею или по Копернику, но и к восприятию одних и тех же социальных действий различными людьми. Мировоззрение оказывается очень важным для человека.

П. Чекленд использует для обозначения мировоззрения как видения мира человеком немецкое слово Weltanschauung. В его методологии гибких систем предписывается целенаправленно формулировать все возможные мировоззрения, которые могут придать определенный смысл сконструированной системе человеческой деятельности. Чем более богатый набор возможных мировоззрений аналитику удается выявить, тем больше у него шансов проникнуть в суть проблемной ситуации и добиться ее улучшения. При рассмотрении, казалось бы, мелких по своим масштабам (по сравнению с Вселенной) ситуаций из человеческой жизни, идея мировоззрения крайне важна в анализе гибких систем. Аналитик исходит из того, что не существует какого-то одного-единственного описания реальной системы человеческой деятельности. Напротив, существует только *набор* описаний, которые воплощают различные мировоззрения.

Системный анализ избавляется от поиска универсальной панацеи в управлении и развивает разного рода ситуационные исследования, которые выдвигают конкретные идеи, соответствующие конкретной ситуации. Системный аналитик осознает ограничения, которые нало-

жены на социальные действия, когда он стремится улучшить соответствующую социальную систему.

Правомерный для нашего времени вопрос: нужно ли (возможно ли, желаемо ли) в переживаемом человечеством периоде постмодернизма систематически, научно подходить к проблемам управления? Системный аналитик отвечает: да. И при этом призывает учесть опыт, приобретенный в ходе исследования систем человеческой деятельности, который заключается в том, что важно осознать ограниченность нашего видения ситуации, что не на все вопросы можно получить ответ и не всегда можно сформулировать вопрос.

Системой человеческой деятельности (СЧД) называют ряд действий человека, направленных на достижение определенной цели. Оказывается полезным понимать мир повседневной жизни как набор таких сосуществующих и перекрывающихся систем. Многие проблемы реального жизненного мира, взятые как проблемы таких систем, могут быть решены при использовании системных концепций.

Релятивность системы к проблемной ситуации

СЧД является теоретическим конструктом, построенным для того, чтобы можно было лучше понять реальную жизненную проблемную ситуацию и найти способ ее улучшить. Определение СЧД удовлетворяет требованиям системного мышления: эмерджентным свойством является способность целого преследовать определенную цель; она имеет границу и окружающую среду; имеет части, из которых состоит; может быть частью более крупной СЧД; имеет структуру, а также процессы управления и связи, чтобы приспосабливаться к окружающей среде.

Специфика конструирования системы человеческой деятельности заключается прежде всего в том, что она строится не объективистски и эссенциалистски, а на основе понимания того, что существует несколько различных интерпретаций реальной жизненной ситуации: различные люди по-разному понимают смысл происходящего и при этом участвуют в происходящем, сами являются агентами действия. Различие определяется прежде всего той оценочной позицией, которую высказывает и в соответствии с которой действует то или иное лицо, так или иначе причастное к ситуации.

Какой смысл мы вносим в проблемную ситуацию, таково и будет ее воспроизведение системой. И если мы хотим понять проблемную ситуацию и изучить достаточно глубоко возможности ее изменения, важно учитывать больше смыслов.

Это, в частности, говорит о том, что нет систем самих по себе. Есть только системы как конструкт, как концептуальное средство. Ни к чему онтологизировать понятие системы. Это стало особенно заметно, когда системный анализ стали применять как поддержку принятия управленческих решений.

Системный анализ, рефлексия и ответственность

В практике как науке и искусстве управления имеем явно выраженное проявление дихотомий: рациональное — человеческое, логика — интерес. В конкретной жизненной ситуации реально взаимоотносятся в их конкретном виде наука и ценности, взаимодействие культурного и логического аспектов человеческой деятельности.

В науке управления системы являются открытыми. Без понятия открытой системы, которым наука во многом обязана Л. фон Берталанфи, не было бы науки управления. Вместе с тем он, видимо, сильно способствовал онтологизации этого понятия, что мешает системному анализу в этой области науки. Системы не даны сами по себе. Системы конструируются в соответствии с проблемной ситуацией, и ясное понимание этого факта является важнейшим условием развития науки об управлении организациями и людьми, а также самого факта или поступка, действия, каким является принятие решения.

Для системного анализа является обычным то, что его задачи чаще всего возникают в целых проблемных областях, в узлах, в которые завязаны многие проблемы, — а не в четко определенных проблемах. Поэтому под проблемой мы в общем случае должны понимать проблемную ситуацию. Это важно иметь в виду, ибо очень часто ради краткости выражение «проблемная ситуация» заменяют словом «проблема» и тем самым ненамеренно искажают реальное положение дел. Ситуация требует учета всей специфики момента. При этом стало ясно, что в ситуации присутствует человеческое, а не просто рациональный субъект. Причем и ЛПР человечен, и субъекты

действий тоже человечны. И в процессе принятия решения это нельзя не учитывать.

Поскольку ЛПР «хочет», то в принципе нельзя рассчитывать на поиск некоего абсолютно истинного, правильного (божественного) решения. Напротив, системный анализ может помочь узнать и уточнить цели, желания, интересы ЛПР.

Системный анализ помогает осознанию оснований решения. ЛПР (один человек или группа) получает возможность осознать их в явной форме, даже если скрывает от других.

Благодаря системному анализу становится ясно, что в век информатизации, компьютеризации и глобализации все решения являются личностными. Отсюда требования к нравственному облику ЛПР. Это позволяет подчеркнуть этическую сторону принятия решений и роль нравственного облика ЛПР в условиях принятия решения, особенно в проблемной ситуации чрезвычайной сложности: в условиях неопределенности, риска, изменчивости внутренней и внешней обстановки. При этом неразумно делать кивок на как бы объективность процесса, который требует, чтобы он поступал сообразно им. Он поступает сообразно своему выбору. Этот пункт, может быть, не очень согласуется с верой в науку и объективные законы, но факт, что интересы человека не всегда совпадают с объективными законами: иногда нам хочется остановить мгновение или Солнце, не говоря уже об экономических и культурных интересах.

ЛПР делает то, что он хочет, используя системный подход и системный анализ как средства для уточнения ситуации. «Я хочу» и нахожу научные средства, чтобы двигаться в этом направлении и, возможно, добиться своего. Этому учит опыт применения системного анализа и уместных версий системного подхода в проблемах принятия управленческих решений. Отсюда — ценность хороших желаний у ЛПР. Он знает возможные последствия и берет на себя ответственность за решение. Важно, как он привык поступать, чему отдает предпочтение, к чему склонен.

ПРИМЕЧАНИЕ

[1] *Bertalanffy Ludwig Von*. General Systems Theory: a New Approach to Unity of Science // Human Biology. Vol. 23. December, 1951.

Н.Г. Горбушин

ОТ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ К ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ СРЕДАМ

Интеллектуальный климат в науке конца XIX и начала XX столетия, сформировавшийся на основе всеобщей организменной концепции и теории интегративных уровней, заложил основы общей теории систем (ОТС), впитавшей в себя достижения теоретической биологии 30–40-х годов, принцип изоморфизма законов с использованием относительно простого математического аппарата. Понятия «система», «структура» и «связь» образовали внутреннее ядро в статусе ОТС — междисциплинарной области научных исследований и привели к осознанию факта возможности ее широкого внедрения в естественно-научной и гуманитарной практике. ОТС объединяет *системные исследования* — множество взаимосвязанных систем и элементов и *системный подход* — эксплицитное выражение процедур в представлении объектов как систем и способов их исследования. Структурно-функциональная схема в методологии ОТС имеет принципиальное значение для получения эффективного результата.

Процедура построения системы в значительной мере основана на интуитивном представлении понятия о взаимных связях исследуемых объектов, определяемых на основе разрозненных эмпирических данных.

Формально любая система может быть задана большим числом признаков. Однако при их значительном увеличении и особенно при исследовании взаимосвязи объектов живой и неживой природы возникают смысловые «сингулярности» и «парадоксы», обусловленные свойствами непрерывности рассматриваемой среды и полнотой их описания, всеобщностью и эффективностью получаемых результатов, целесообразностью и целостностью понимания и отображения содержания.

Решение проблемы смысловых противоречий, очевидно, следует искать во взаимосвязи всеобщности и целостности разнородных об-

ластей знаний. Для их объединения целесообразно использовать формализованную модель семантического конвертора и математический аппарат, позволяющий синтезировать искусственные интеллектуальные среды, способные адекватно отобразить реальную понятийно-смысловую ситуацию и количественно оценить ее функциональное состояние с выявлением точек роста нового знания.

Существенная трудность рассматриваемой проблемы заключается в семантической неоднородности смыслов с точки зрения формальной преобразовательно-генеративной функции естественного языка, способного создавать и понимать любые «бесконечно» новые выражения, тексты, наглядные и мысленные образы, средства отображения мироощущения. При этом смысл выражения непосредственно связан с экспликацией интуиции и глубинной структурой сознания, имеющего в современном представлении абстрактный характер, и определяется в основном свойствами носителя разума. Существенным семантическим инструментом является словарь, отображающий смысловые оттенки слов, лексем и правил их объединения. Соответственно словарь обеспечивает семантическую репрезентацию и целостное понимание глубины смысла языкового выражения (предложения) в любой области знания как функцию составляющих его смыслов («принцип Фреге»)[1]. Причем глубина понимания рассматривается как уровень, на котором сформированы логически или семантически значимые компоненты выражений, характеризующие наблюдаемые факты и явления окружающего мира. Абстракция и «правильное» интуитивное знание о наблюдаемом факте существенно помогают исследователю приблизиться к объективной истине.

Более того, до настоящего времени интуитивное и абстрактное мышление рассматривается как любопытное психологическое явление, за которым стоят самые разнообразные по своей сущности способы формирования знания. Их необъяснимость нередко порождает «коллекцию хлама, куда сваливают все интеллектуальные механизмы, о которых не знают как их проанализировать или как их точно назвать, либо таких, анализ и наименование которых никого не интересует»[2]. Такая чрезмерно широкая трактовка абстрактного и интуитивного ставит вопрос о неразрешимости природы мышления вследствие утраты специфических познавательных механизмов и неформализуемости процессов[3].

Вместе с тем следует отметить, что формальные механизмы мышления в существенной мере зависят от психофизического состоя-

ния и памяти субъекта, его опыта, информированности, сообразительности и остроты восприятия. Остроту восприятия называют «чувственной интуицией» и рассматривают ее как один из фрагментов теории познания. Однако перенос «чувственной интуиции» в сферу абстрактного мышления позволяет рассматривать ее как некий познавательный, но неформализуемый процесс особого психологического рода, связанный с волей субъекта, богатой фантазией его интеллекта, способного вырабатывать необычные идеи[4].

В процессе мышления интуиция и острота восприятия (мотивация) в принципе не противоречат чувственным формам познания. Они могут рассматриваться в качестве механизмов усиления интеллектуальных процессов, порождающих своеобразного гипотетического «абстрактного мыслителя» как элемента интеллектуальной среды, обладающего огромным энергоинформационным потенциалом, проявляющим активные и реактивные свойства интуитивного знания, скрытого от сознания самого субъекта. Образно говоря, любой субъект не в состоянии оценить совокупность знаний, запечатленных в тайниках его сознания и используемых во время активного состояния познавательного процесса, проявляя при этом волевой фактор и неограниченные, порой фантастически потенциальные возможности интеллекта от фикции до реальности вместе с конфликтами их смыслов.

Как известно, волевые решения в устранении таких конфликтов в большинстве случаев приводят к обострению ситуации и углублению кризиса, когда не представляется возможным охватить все подробности наблюдаемых явлений в рамках существующей действительности. Следовательно, в условиях конфликтной ситуации возникает необходимость поиска равновесного состояния и «точки покоя», в которой может сформироваться «новое мышление», новое понимание и знание происходящих процессов. В этом случае интуиция и целенаправленная абстракция субъекта приобретают ведущую роль в поиске новых идей и смыслов, истины и прагматических решений, в формировании нового знания и адекватного понятийного аппарата, но уже для измененного состояния. По сути, здесь полностью реализуется логическая схема Ч.С. Пирса(1839—1914), заложенная в триаде «факт — реальность события — понятие»[5].

Наблюдаемая динамичность и непрерывность потока реальных событий и знаний, а также необходимость их контроля формируют условия и потребность отображения понятийно-смысловых процессов,

стимулирующих синтез искусственной интеллектуальной среды. При ее построении целесообразно упорядочить и объединить разрозненные представления о механизмах формирования понятий в мыслительной деятельности человека на основе модели интуитивного мышления (МИМ)[6]. Функционирование модели заключается в том, что отражение реальной действительности в сознании человека осуществляется в традиционных чувственно-наглядных и абстрактно-понятийных представлениях, а также в формах, развивающихся в пространственно-временном континууме фактов и образов. Их сущность своеобразно выразил А. Бергсон, говоря о том, что «...у нас имеется лишь два способа выражения мысли — понятие и образ, т.к. ничего лучшего мы не сумели найти»[7].

При интуитивном переходе от восприятия образа к формированию обобщенного понятия удобно опираться на активно действующие в подсознании и сознании человека моноупорядоченные процессы формирования чувственных образов и понятий. К таковым можно отнести: 1) сенсорно-перцептивный процесс, в результате которого появляются чувственные образы; 2) чувственно-ассоциативный процесс перехода от одних чувственных образов к другим; 3) процесс преобразования чувственных образов в понятия и их смыслы; 4) процесс перехода от понятий к чувственным образам; 5) процесс логического умозаключения, в котором совершается переход от одних понятий к другим. Среди выделенных процессов наибольшую значимость имеют концептуальная интуиция, связанная с механизмом восприятия чувственных образов и преобразования их в понятия, и эйдетическая интуиция, обусловленная переходом от понятий к чувственным образам.

Процесс концептуальной интуиции, по нашему мнению, представляет собою последовательную схему уточнения смыслового содержания понятий $П_1 \to П_2 \to П_3 \to \quad \to П_n$, порой довольно длинную историю психологического развития, наполненную содержанием множества ярких мгновений мыслей и чувств, проявленных энергией квантов сознания. В этом случае, если субъект не отмечает в своем сознании промежуточные этапы $П_2$, $П_3$ и т. д., то у него формируется впечатление, что $П_n$ пришло внезапно на смену понятия $П_1$ в результате счастливого проблеска мысли — «интуитивного скачка» (явление озарения). Аналогичным образом совершаются действия в логической цепи эйдетической интуиции, т. е. происходит уточнение образа по схеме $О_1 \to О_2 \to О_3 \to \quad \to О_n$.

Модель интуитивного мышления существенно расширяет логические особенности функционирования концептуально-эйдетической интуиции за счет динамического звена, которое обеспечивает дискретно-непрерывный мыслительный процесс в виде последовательности замкнутых циклов $П_1О_1 \to П_2О_2 \to П_3О_3 \to ... \to П_nО_n$. В этом случае динамическое звено активно участвует в реализации триады Пирса и становится ядром интуитивной модели, оперирующей понятиями, образами и смыслами. В ней вспомогательные элементарные процессы образуют прединтуитивную и постинтуитивную фазы, способствующие формированию нового знания и пониманию его смыслов. В прединтуитивную фазу мы включаем сенсорно-ассоциативные процессы, связанные с «квантификацией» смыслов и выделением «индивидных констант», а к постинтуитивной фазе относим процессы логического умозаключения и классификации терминов и понятий.

Изложенную последовательность выделения «индивидных констант» (функциональных единиц) удобно представить в виде некоторых элементов функции $f \in F$, обусловленных утверждением: «ψ-субъект осуществляет индивидуальное понимание некоторого термина «b», который адекватно отображает окружающую действительность с ее сложной семантической структурой. Это понимание является истинным, если и только если истинно высказывание $(\exists x)[B_\psi(x=b)\&(x=b)]$». Предлагаемый подход к проблеме квантификации смыслов, с нашей точки зрения, весьма удобен. Само высказывание убедительно и работоспособно, в частности, при анализе текстов. Его легко обобщить и на множество абстрактных «индивидных констант» (терминов):

$$(\exists x)[A_\psi(x_1=a)\&(x_1=a)],\ (\exists x)[B_\psi(x_2=b)\&(x_2=b)],$$
$$(\exists x)[M_\psi(x_n=m)\&(x_n=m)] \qquad (1)$$

Следовательно, при конвертировании текстов можно сформировать упорядоченное терминологическое пространство, характеризующее объекты $x_1, x_2, ..., x_n$, в виде словаря терминов V, который адекватно отображает рассматриваемую область знания на данный момент времени. При этом некоторые из выделенных терминов (индивидных констант) могут претендовать на особое положение, если они характеризуют во всех мирах один и тот же индивид такого же рода. Каждый такой термин, безусловно, является осмысленным и, следовательно, по Г Фреге (1848–1925), имеет свой глубокий «смысл» — денотат, представляющий собой своеобразный «индивидный концепт» и устанавливающий различие между именем объекта и его свойством.

Алгоритм работы МИМ может быть рассмотрен на принципах интенсиональной логики. При этом следует отметить, что основы интенсиональной логики заложены Э. Гуссерелем из условий «экономии мышления», развиты Р. Монтегю и широко используются в работе с базами данных[8]. При синтезе механизма функционирования МИМ будем исходить из того, что синтаксические и семантические правила работают совместно в соответствии с принципом Г Фреге и заключаются в том, чтобы значение фразы являлось функцией значений ее синтаксических частей (терминов) (1) и способов их комбинирования:

$$\Xi = f\ (a, b, ..., m) \qquad (2)$$

Обозначим через { a } семантическое значение «a». В результате такого замещения можно идентифицировать синтаксическое правило (2) с семантическим правилом следующего вида: «если «a» принадлежит категории A, если «b» принадлежит категории B, ...если «m» принадлежит категории M, то {f (a, b, ..., m)} эквивалентно g({a}, {b}, ..., {m})». Следовательно, функция g определяет «способ семантического отображения смысла» индивидных констант {a}, {b}, ..., {m}, а также соответсвующее правило анализа текстов и предложений

$$\{\Xi\} = \{f\ (\ a, b, ..., m\ )\} \cong g(\{a\}, \{b\}, ..., \{m\}). \qquad (3)$$

При анализе соотношения (3) можно говорить о гомоморфизме синтаксиса и семантики для любого текста или любого предложения, их понятий и смыслов, правильности отображения языковых выражений, сенсорно-перцептивных и чувственно-ассоциативных процессов в системе знания. При этом гомоморфизм между синтаксисом и семантикой в естественном и логическом языках целесообразно осуществлять на основе правил (2)–(3), позволяющих выделять элементарные единицы текстов и выражений. В качестве таких единиц в логике искусственного интеллекта до настоящего времени используют множество определений типа: слово, термин («атом», «терм») и т. д. как «характеристики» одних и тех же объектов, предметов, их свойств и т. п., но включающих вариацию смыслов в объеме словаря V. Можно утверждать, что дальнейшее развитие логики и искусственного интеллекта будет основано на анализе смыслов, и денотат займет ведущую роль как атрибут значения истинности.

В модели интуитивной логики денотат синтаксического выражения вместе с его синонимами, характерными для экстенсиональной логики, будем рассматривать как некоторую семантическую константу:

денотат ≅ термин ≅ денотация ≅ экстенция.

По аналогии с экстенсиональной логикой «смысл» и «интенцию» будем рассматривать как синонимы в интенсиональной логике. Смысл и интенция связаны не только с объектами, существующими в реальном мире, но и с объектами, принадлежащими исключительно возможным гипотетическим мирам. В этой связи будем иметь в виду, что термин «интенсиональность» является продуктом особого вида мыследеятельности, связанной с умственными или ментальными актами, направленными, в отличие от физических действий, на объекты сознания.

Следует отметить также, что в экстенсиональной и интенсиональной логике семантика индивидных констант в современном представлении не имеет значимых различий. Их абстракция настолько глубока, что требует соответствующей доработки. Вместе с тем, принятые нами предпосылки при работе с текстом позволяют утверждать, что любое синтаксическое выражение, представленное в виде группы денотатов, можно с допустимой точностью конвертировать в единое (целостное) понятийно-смысловое пространство, сохраняя при этом его семантическое значение.

По аналогии с прагматикой Р. Монтегю, для формализации мыслительных процессов, характеризующих фазы концептуально-эйдетической интуиции, введем критерии достаточной истинности и выполнимости, а также соответствующий инструментарий. Пусть будет модель *M* вида (V, D, G, >, :=, F, T), где V — словарь; d — денотат (термин), являющийся синтаксическим отображением объекта $d \in D$ и его смыслов $g \in G$; G — множество элементов, с помощью которых образуют область интерпретации смыслов; > — знак отношения полной упорядоченности; := — знак отношения присвоить значение; F — функция, областью определения которой является интерпретация представления множества синтаксических индивидных констант (если d — денотат (индивидная константа) множества D, то F_d будет функцией с той же областью определения; если P — n-местный предикат, то F_p является n-местным объединением множества элемен-

тов g_j (для $i \in OG$), OG — объектная область определения G; T — множество циклов итерации.

Пусть $i \in OG$ и пусть будет x — элемент объединения объектов d(i) из множества D и их смыслов g_j из множества G (для $j \in OG$); пусть P — двухместный предикат, тогда

P [d, o] ИСТИННО(i *M*), если и только если

$$<F_d(i), F_o(i)> \in F_p(i). \quad (4)$$

Введем семантические правила:

1) правило сенсорно-ассоциативного утверждения экстенсиональности денотата —

$$\{P_d[d(i)]\}^{M,V,T,g} = 1 \text{ тогда и только тогда, когда } \{d(i)\}^{M,V,T,g} \in \{P_d\}^{M,V,T,g}; \quad (5)$$

2) правило утверждения семантической однородности (схожести смыслов) денотатов —

$$\{P_d[d(i)]\}^{M,V,T,g} := \{P_d[d(i+1)]\}^{M,V,T,g} \text{ тогда и только тогда, когда } g\{d(i+1)\} \setminus g\{d(i)\} \le \varepsilon; \quad (6)$$

3) правило дифференциации денотатов —

$$\{P_d[d(i+1)]\}^{M,V,T,g} := \{P_d[d(i)]\}^{M,V,T,g} \text{ тогда и только тогда, когда } g\{d(i+1)\} \setminus g\{d(i)\} > \varepsilon. \quad (7)$$

ε — бесконечно малая величина кванта смысла (интенции). В некоторых задачах величину ε можно рассматривать как пороговый уровень интеллектуального потенциала.

Правомерность приведенных правил согласуется с общепринятыми типичными чертами интуитивного «усмотрения истины» и означает, что в системе разумных познавательных действий существует некий пороговый уровень интеллектуального потенциала, ниже которого осознанный анализ реальной действительности с помощью известных механизмов становится невозможным, и мышление человека вынуждено совершать «обходной волевой маневр», искать пути дру-

гого качества для преодоления барьера. Однако не все субъекты обладают достаточной энергией сознания, а также поведения для реализации «удачного» маневра.

Таким образом, алгоритм функционирования концептуально-эйдетической фазы модели интуитивного мышления можно представить на уровне соотношений (4)–(7), раскрывающих работу ядра семантического конвертора. При этом мы не включили в рассмотрение «логику сомнения», реализация которой может быть осуществлена в направлениях, связанных с итерационным процессом идентификации пары «денотат Ы образ» и анализом взаимодействия пары предикатов $P_d(i) \leftrightarrow P_d(i+1)$.

Постинтуитивная фаза модели интуитивного мышления заключается в определении понятий на основе выделенных по соотношениям (4)–(7) предикатных констант. Благодаря такой процедуре представляется возможным сформировать понятийно-смысловые объекты (ПСО)

$$ПСО(i) = \cup\{P_d[d(i)]\}^{M,V,T,g}. \quad (8)$$

Определение 1. Понятийно-смысловой объект (ПСО) — это один термин или группа семантически однородных и связанных между собой терминов, содержащих схожий смысл и характеризующих квант знания о явлениях, свойствах или закономерностях материального и духовного мира, а также видов деятельности человека.

Упорядоченное множество ПСО задает классификационную структуру (нелинейную модель) исследуемой области знания, а его совмещение со словарем позволяет получить *семиотический конвертор*, способный преобразовывать термины в символы, удобные для синтеза искусственных интеллектуальных сред (ИИС)[9]. ИИС позволяют выявить активность взаимных связей ПСО и установить меру взаимодействия противоречивых и «несовместимых» друг с другом идей и их комплексов, исключая тем самым «сингулярность» и «парадоксальность» смыслов.

Определение 2. ИИС — это множество взаимосвязанных между собой элементарно структурированных понятийно-смысловых объектов в исследуемой области знания.

Идея синтеза искусственных интеллектуальных сред (ИИС) может быть использована для обобщения результатов работы мультимодальных агентов.

Математическая модель искусственной интеллектуальной среды может быть представлена в виде взвешенного графа Г, вершины которого $X = \{x_1, x_2,...,x_n\}$ соответствуют множеству ПСО, отображающих объекты исследования, виды деятельности и разработок в любой области знания. При этом вес каждой дуги (x_i, x_j) соответствует силе связи между i-м и j-м объектами $(i, j = 1, 2, ..., n)$. Матрица

$A = \|a_{ij}\|_n^1$ отражает взаимосвязь множества вершин X. При этом чем больше величина a_{ij}, тем сильнее связь между i-м и j-м объектами. Здесь

$$a_{ij} = \sum_{s \in x_i} \sum_{t \in x_j} \alpha_{st} / (N_i N_j) \quad (1 < i, j < n) \tag{9}$$

где x_i — i-й ПСО исследований; x_j — j-й ПСО исследований; N_i, N_j — количество информационных документов(текстов), имеющих семантически связанное отношение к i-му и j-му ПСО исследований. a_{st} сила связи между документами и определяется по соотношению

$$\alpha_{st} = r_{st} / (r_s + r_t - r_{st}), \tag{10}$$

где r_s — и r_t — количество терминов, раскрывающих смысловое содержание s -ого и t-ого документов, r_{st} — количество одинаковых терминов в s-м и t- м документах.

Матрица $A = \|a_{ij}\|_n^1$ связей ПСО объектов, названная нами ИИС, имеет достаточно большую размерность, трудно воспринимаемую непосредственным сознанием человека. Для ее преобразования и сохранения информационных свойств исходной структуры используется механизм последовательного сжатия, позволяющий с помощью соотношения

$$C_{pq} = \sum_{i \in R_p} \sum_{j \in R_q} a_{ij} / (N_p + N_q), \tag{11}$$

сформировать среду в виде новой, но уже агрегированной структуры, содержащей классы (блоки). Здесь N_p и N_q — количество объектов в классах R_p и R_q $(p, q = = 1, 2, ..., m)$. Представленная в таком виде ИИС является более наглядной и удобной для оценки состояния научной про-

блемы или конкретной исследуемой области знания в ее целостном виде за счет уменьшения размерности матрицы, поскольку *m* значительно меньше размерности *n* при сохранении внутренних связей блоков C_{pq}.

Исходная матрица $A = \|a_{ij}\|_n$[1] может быть ограничена размерами частных интересов исследователя в соответствии с системным подходом. Однако полнота описания области исследования диктует свои требования, охватывает значительное количество взаимосвязанных объектов — более 1500 ПСО. В такой ситуации для выявления функциональных отношений между ПСО предложен механизм её синхронного сжатия на основе идеи энтропийного взвешивания, что позволяет существенно смягчить проблему размерности и существенно сократить время решения задачи.

Определение 3. «Энтропийное взвешивание» — это процедура, заключающаяся в определении информационного «центра тяжести» всех элементов a_{ij} для каждого ПСО, ранжирования меры связи между ними и величины формализованной «вариации смысла» в рассматриваемой ИИС.

Информационный «центр тяжести» взаимосвязей для каждого ПСО(*j*) определим по соотношению

$$F(j) = \left(\sum_{i=1,n} a(i) \cdot I \right) \Big/ \sum_{i=1,n} a(i) \tag{12}$$

Величину формализованной «вариации смысла» ПСО(*j*) зададим отношением

$$Del = 0{,}5 \exp(H), \tag{13}$$

где $H = -\sum_{j=1,n} b(j) \ln b(j)$ — информационная энтропия формализованной «вариации смысла» ИИС. Здесь $b(j) = Delta(j) / \sum_{j=1,n} Delta(j)$ — вероятность отклонения «частных смыслов» *Delta(j)* каждого *j*-го ПСО от «центра тяжести» целостной ИИС

$$Delta(j) = F(j) - F_{mid}, \tag{14}$$

где $F_{mid} = \sum_{j=1,n} F(j)/n$ — информационный «центр тяжести» целостной ИИС.

Алгоритм сжатия матрицы в рассматриваемом случае предусматривает оценку информационной «близости смыслов» объектов в соответствии с процедурой

$$\text{если } F(j) - F(j+1) < 2Del, \text{ то } R_p = R_q = x(j) \cup x(j+1) \quad (15)$$

Численные значения новых элементов матрицы определяют по ранее известной методике[10]. Следует также отметить, что величина

$$F(j) - F(j+1) \leq 2Del \quad (16)$$

характеризует «близость смыслов» ПСО («сечение взаимодействия смыслов», «созвучие смыслов») и меру их эквивалентности в рассматриваемой ИИС для любой области знания.

Практическая реализация алгоритма функционирования *семантического конвертора* от текста до построения ИИС изложена в ряде работ, а также в отчетах НИР[11]. Разработаны соответствующие программные средства.

Таким образом, *семантический конвертор*, реализующий модель интуитивной логики, является существенно важным инструментом в системе преобразований «текст» ⇔ «смысл» ⇒ «ПСО» ⇔ «ИИС», обеспечивает целостное взаимодействие экстенсиональной и интенсиональной логики. Конверторы подобного типа инициируют мотивацию развития и целенаправленную алгоритмизацию других информационных технологий в процессе эволюции научной картины мира.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Павилёнис Р.И.* Проблема смысла. М., 1983.

[2] *Бунге М.* Интуиция и философия. М., 1967.

[3] *Кармин А.С.* Материалистическая диалектика и проблема научной интуиции // Материалистическая диалектика и пути развития естествознания. Л., 1987.

[4] *Тюхтин В.С.* Актуальные проблемы теории искусственного интеллекта // Кибернетика и современное научное познание. М., 1976; *Ирина В.Р., Новиков А.А.* В мире научной интуиции. М., 1978.

[5] *Peirse Ch.S.* How to make aur ideas clear // Popular Science Monthly, 1878, v.12 (*Пирс Ч.С.* Как сделать наши идеи ясными // Вопросы философии, 1996, № 12).

[6] *Горбушин Н.Г.* Логика интуиции и интуитивного мышления // Особенности современной естественнонаучной картины мира. Москва—Обнинск, 1988.

[7] *Бергсон А.* Философия интуиции // Новые идеи в философии. СПб., 1912, вып.1.

[8] Логический подход к искусственному интеллекту М., 1998.

[9] *Горбушин Н.Г.* Искусственные интеллектуальные среды в понимании и прогнозировании влияния малых доз радиации // Новые промышленные технологии. М., 1996, вып. 2–3; *Горбушин Н.Г.* Искусственные интеллектуальные среды в решении инновационных и инвестиционных проблем наукограда // Инновационное развитие: достижения ученых Калужской обл. для народного хозяйства. Обнинск, 1999.

[10] *Красилов А.А.* Интеллектуальные системы. Долгопрудный, МФТИ, 1995.

[11] Новые промышленные технологии. М., 1996, вып. 2–3. С. 136–142; Инновационное развитие: достижения ученых Калужской области для народного хозяйства. Обнинск, 1999. С. 45–55; *Горбушин Н.Г., Бородкин Л.И.* Структура и свойства информационных связей между направлениями научных исследований // Научно-техническая информация. Сер. 2, 1985, № 2.

В.А. Яковлев

СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТВОРЧЕСТВА В НАУКЕ

Научное творчество является таким объектом, о существовании которого мы можем судить лишь косвенно — по тем новым продуктам, которые производят ученые в ходе исследовательской деятельности. В современном естествознании объекты данного класса встречаются все чаще и чаще, особенно при изучении сфер реальности, недоступных для наших органов чувств. Достаточно привести в качестве примеров исследования кварков или так называемых черных дыр в космосе, об объективности которых ученые судят на основе *системообразующих отношений* различных проверяемых следствий и эффектов.

В гуманитарных науках в зависимости от исходной *организации* материала — выбора границ и масштаба изучаемых *целостностей*, предела анализа составляющих их *элементов*, определения характера *связей* между ними — существенно меняются смысловые контексты исследовательской деятельности. На наш взгляд, плодотворность такой смены становится очевидной, когда ученый осознанно подходит к выбору новых методологических ориентиров, а иногда и прямо противопоставляет свой подход предшествующим. Так было при возникновении гештальтпсихологии, структурной этнографии К. Леви-Стросса, современных макроэкономических и лингвистических теорий.

Осмысление процессов научного творчества как одной из форм саморефлексии науки над ходом собственного развития также может быть организовано различным образом. Однако тем не менее до сегодняшнего дня все подходы к проблеме творчества в науке были ограничены рамками оппозиции «научный продукт — деятельность ученого», идущей от известного разделения Х. Рейхенбахом всего поля методологических исследований науки на «контекст открытия» и «контекст обоснования». Причем рационально наиболее значимым

представлялся логический анализ именно итоговых продуктов научной деятельности — прежде всего гипотез и теорий. В дальнейшем это направление развивалось многими логическими позитивистами и постпозитивистами, в том числе К. Поппером, который прямо утверждал: «Мы можем узнать больше об эвристике и методологии и даже психологии научного исследования в результате изучения теорий и аргументов, выдвигаемых за или против теорий, чем непосредственно используя какой-либо бихевиористский, психологический или социологический подход»[1].

«Контекст открытия», как правило, связывался с индивидуальными особенностями ученых, или, просто следуя в русле идей Платона, определившего человеческое творчество в целом как подражание творчеству Демиурга, объявлялся рационально не познаваемым («озарением», прозрением» и т. п.), или в лучшем случае считался объектом изучения психологов и историков науки. Первые моделировали и исследовали научное творчество на решении специально конструируемых так называемых малых творческих задач (школа Я.А. Пономарева), а вторые акцентировали внимание на изучении различных автобиографических данных об ученых и их социокультурном окружении (исследования типа case-studies).

С появлением пионерских работ А.А. Богданова и Л. фон Берталанфи по системному подходу и по мере его развития в трудах многочисленных последователей, в том числе и отечественной школы (В.Н. Садовский, Ю.А. Урманцев, А.И. Уёмов и др.), на наш взгляд, появилась возможность переосмысления вышеуказанной оппозиции научного творчества и формирования новой рациональной структуры понимания природы креативности в науке.

Для этого необходимо прежде всего выйти за рамки самой науки и представить научное творчество как одну из подсистем системы творчества всего универсума. Из истории человеческой мысли хорошо известно, что многие философы понимали креативность в целом как исходный и неотъемлемый потенциал мироздания, без которого во Вселенной в принципе не были бы возможны духовные сферы творчества — ни поэзия, ни музыка, ни наука. Идея глобальной креативности состоит в признании онтологического статуса креативных процессов. С философской точки зрения «творчество есть фундаментальный процесс спонтанного трансцендирования потенций и виртуальностей, перманентного расширения поля возможностей универсума»[2].

В пользу такого широкого понимания креативности говорят и многие ученые, которые постепенно отходят от жесткого разделения мироздания на объектно-субъектные отношения и все больше задумываются над исходной интенциональностью и телеологичностью процессов генезиса и развития самых разных систем. Так, астрономы и физики, выявляя методологическое значение так называемого антропного принципа, приходят к выводу о глубокой целесообразности и гармонии физических законов, определяющих развитие в направлении повышения степени самоорганизации систем. Понятие телеономии становится одним из ключевых при объяснении эволюции живых организмов. Данные физиологии, психологии мышления и лингвистики свидетельствуют об исходной креативной направленности всех основных структур человеческой жизнедеятельности.

Учитывая вышесказанное и опираясь на принцип системности, можно по-новому представить взаимосвязь между основными категориями, с помощью которых описываются и раскрываются процессы креативности. Идея системной организации означает отказ от гегелевского линейного выведения одних категорий из других, от так называемого восхождения от абстрактного («бедных» по содержанию категорий) к конкретному (содержательно «богатых» категорий). Для целостного осмысления проблемы креативности необходимо вместо принципа категориальной *линеаризации*, на наш взгляд, использовать принцип категориального *кластирования*. При этом каждый кластер рассматривается как определенный уровень иерархически организованной системы универсальной креативности, тогда как внутри каждого кластера предполагается взаимодополнительность («равноправие») всех входящих в него категорий как элементов определенных смысловых структур.

В первую группу входят категории, с помощью которых можно концептуально осмыслить генезис и процесс актуализации потенциала креативности универсума на уровне неорганической природы, например — «взаимодействие», «связь», «отношение», «движение», «развитие» и др. Второй кластер составляют категории, с необходимостью используемые при описании креативных процессов в живой природе, — «активность», «борьба», «целенаправленность», «кооперативность», «доминирование» и др. Социокультурное творчество раскрывается через подсистему категорий типа «прогресс», «регресс», «деятельность», «культура», «свобода» и т. п. Наконец, структуру непосредственно субъектно-личностных форм творчества можно «схва-

тить» при помощи категорий «вдохновение», «фантазия», «воображение», «интуиция», «дискурс» и др.

Понятно, что мы лишь схематично наметили основные кластерные структуры и что остается ряд категорий, таких, как «организация», «самоорганизация», которые активно используются при описании творческих процессов всех уровней. Но в целом, на наш взгляд, предложенная систематизация категориального аппарата позволяет более четко и глубоко осмыслить природу креативности как исходной тотальности универсума.

В то же время необходимо иметь в виду, что данная система носит статичный характер, поскольку кластеры категорий хотя и не являются завершенными, в основном все же дают представление лишь о *данности*, экзистенции, степени актуализации потенциала креативности на разных уровнях, но не о его *динамике*, процессуальности. Для последнего нужен другой — динамический — ракурс анализа системы творчества. В рамках данной работы мы ограничимся построением такой динамической системы только в отношении творческих процессов в науке как наиболее поддающихся, в силу сложившихся методов исследований научной деятельности, рациональному осмыслению.

Иначе говоря, мы задаемся вопросом о возможности построения *системы научной деятельности*, которая в своей целостности выражала бы поэтапность и направленность творческих процессов в науке.

До определенного времени, как известно, системный и деятельностный подходы противопоставлялись как противоположные и взаимоисключающие друг друга. Вероятно, лишь с работ И.В. Кузнецова и Э.Г Юдина приходит понимание того, что правомерно говорить не только о структуре тел, но и процессов, стремиться к синтезу двух подходов при исследовании сложных развивающихся объектов. К важному в методологическом плане выводу пришел И.Б. Новик. Само «развитие, — считает он, — суть динамическая система систем /суперсистема/ противоречий, имеющих в данный момент свою меру единства и борьбы»[3]. Хотя здесь еще довольно сильно чувствуется язык марксистской диалектики, которую, кстати, высоко оценивал Л. фон Берталанфи, все же нетрудно усмотреть главную идею — дополнительность (в духе Н. Бора) двух методологических установок.

Деятельность субъекта имеет определенную структуру, элементами которой выступают мотивы, цели, средства, действия, операции и др. В отношении науки эти элементы полностью присутствуют лишь

на уровне деятельности конкретного ученого. Поэтому динамическая система творчества в науке относится прежде всего к этому уровню, хотя при определенных допущениях, как мы покажем дальше, эта система может быть использована и при осмыслении других уровней научного творчества.

Итак, динамическая система научного творчества включает в себя следующие элементы-этапы: проблемная ситуация — проблемное событие — креативная ситуация — рождение новации — переход новации в инновацию — традиция. Дадим краткую характеристику каждого из этих элементов.

Проблемная ситуация в каждой научной дисциплине складывается периодически по мере увеличивающегося расхождения между эмпирическим базисом данной дисциплины и теоретическими построениями. Используя язык Т. Куна, можно сказать, что проблемная ситуация характеризуется ростом так называемых аномалий, постепенно подрывающих статус «нормальной» науки. Эта ситуация определяется деятельностью всего научного сообщества, каждый член которого относительно самостоятельно приходит к осознанию ее появления. Решающим фактором в этом процессе становится то или иное событие в жизни конкретного ученого, причем не обязательно связанное непосредственно с его научной деятельностью. Как свидетельствуют многочисленные case-studies, понимание необходимости «определиться» в сложившейся проблемной ситуации, выбрать то или иное направление дальнейших исследований или полностью отказаться от них из-за невозможности по каким-то причинам, как представляется ученому, решения данных проблем в обозримом будущем приходит к каждому ученому в связи с определенным событием, оставляющим глубокий след во всей его жизни. Ученый, который сделал выбор в пользу проведения исследований с целью решения осознанной им проблемы, в дальнейшем активно участвует в формировании *креативной ситуации*, призванной максимально эффективно способствовать этому решению. Данная ситуация существенно отличается от проблемной ситуации именно степенью и характером вовлеченности конкретного ученого в ход событий. Если наличие проблемной ситуации характеризует прежде всего объективное положение дел в данной дисциплине в определенное время, то креативная ситуация обусловливает личностную мотивацию, отражает уровень конкуренции между учеными, стремящихся к приоритетам и утверждению своего авторитета в науке. *Рождение новации* означает субъективный «про-

рыв» в решении поставленной проблемы. Ход этого процесса, как правило, не осознается самим ученым и часто представляется ему как непосредственное, внезапное, интуитивное прозрение. В истории науки, начиная с Античности, такое субъективное состояние ученого характеризуют понятием «эврика», а сами новации — открытиями типа «серендипити». В методологическом плане рождение новации в сознании конкретного ученого, строго говоря, еще нельзя считать действительно научным открытием. Известно, что новизна может оказаться таковой только для самого индивида, но не для науки в целом. Утверждение частной новации на уровне научного сообщества означает переход ее в ранг *инновации*. Этот переход чаще всего сопряжен с огромными трудностями самого разного рода и порой растягивается, как свидетельствует история науки, на десятилетия и даже столетия. Прочно утвердившиеся в науке инновации получают статус научных *традиций*, на которых воспитываются и образовываются последующие поколения ученых и с которыми так или иначе соотносятся все вновь рождающиеся новации.

Выявленный *системный цикл* научного творчества имеет две важные особенности. Во-первых, представленная структура цикла носит идеальный характер. Ее *целостность* и *полнота* репрезентируются в результате рациональной реконструкции нередко очень запутанной истории реальных научных открытий. В конкретной научной практике каждого ученого сам *переход* его от предыдущего к последующему элементу данной структуры носит принципиально *вероятностный* характер, т. е. зависит от свободно выбираемых и периодически переосмысливаемых им своих действий. Во-вторых, *актуализация* каждого элемента данного цикла обусловливается не только деятельностью субъекта науки, но зависит и от огромного количества так называемых вненаучных факторов. Система научного творчества носит открытый характер, и актуализация каждого элемента-этапа зависит от резонансного (синергетического) совпадения воздействий внешней среды с действиями самого ученого[4]. Особенно очевидно это проявляется на этапе перехода от новации к инновации. История науки показывает, что различного рода *диссонансы* на данном этапе приводят к тем явлениям, которые характеризуются в методологии науки как «квазиоткрытие», «феномен опережающего открытия», «несостоявшееся открытие» и т. п.

В заключение обратим внимание на еще одну важную идею системного подхода — идею *изоморфности* разных систем. Выше уже

отмечалось, что проанализированный системный цикл научного творчества является прежде всего наиболее адекватным выражением индивидуальных творческих усилий ученых. Иначе говоря, субъектом научной деятельности здесь выступает конкретный ученый. В то же время очевидно, что наука, особенно на современном этапе ее развития, — это коллективное предприятие, иерархически институализированное, где в качестве главного субъекта выступает не отдельный ученый, а научное сообщество, начиная с уровня научной лаборатории как исходной «молекулы» науки и кончая сообществом всех научных сообществ как некой «всемирной республики» ученых. Если рассматривать в качестве субъекта научного творчества такое научное сообщество на определенном этапе его развития, то специфика творческого процесса будет выражаться прежде всего степенью открытости такой системы по отношению к другим социокультурным системам и их взаимовлиянию друг на друга. Кроме того, если при анализе системного цикла творческой деятельности на уровне отдельного ученого под понятиями новации и инновации понимается прежде всего процесс «приращения» научного знания, его генезиса и утверждения, то при рассмотрении аналогичного цикла на уровне научного сообщества в качестве новаций и инноваций могут выступать и социальные институты науки, способы организации ее исследовательских учреждений. Вспомним, например, что успехи, достигнутые в ядерной физике исследовательской группой под руководством Э. Ферми, во многом были связаны с принципиально новыми методами организации работы его лаборатории. В то же время в целом, как нам представляется, структура системного цикла научного творчества, где субъектом выступает научное сообщество, изоморфна по отношению к циклу, где субъектом является отдельный ученый.

Более того, на наш взгляд, можно также говорить и об определенном изоморфизме системы креативности науки в целом по отношению к рассмотренным циклам, имея в виду всю историю возникновения и развития науки[5]. Действительно, такой системно-диахронный подход позволяет избежать еще нередко встречающейся схемы каузально-линейного объяснения причин генезиса науки именно в Древней Греции, якобы имплицитного развития науки в эпоху средневековья и «закономерного» ее расцвета в Новое время. Понимая науку как одну из форм развития креативного потенциала универсума, о чем говорилось в начале этой работы, можно прежде всего использовать при ее описании принцип вероятностно-резонансного развертывания ос-

новных этапов научной деятельности. Тогда возникновение самой науки предстанет как разрешение определенной проблемной ситуации в культуре в целом, лишь отчасти объясняемое географической и социокультурной спецификой Древней Греции. Наука появляется как новация культуры, но, не получив признания и распространения, фактически исчезает с ее горизонта на целых десять веков, и лишь вторая «проба пера» этой новации попадает в резонансные отношения с социокультурными и экономическими отношениями Европы эпохи Возрождения. Но наука еще долгое время остается «внутренним делом» лишь нескольких европейских стран. И только со второй половины XIX в. по мере все большего применения на практике результатов научной деятельности наблюдается мировая экспансия науки; она трансформируется в устойчивую социокультурную традицию, которую, впрочем, далеко не все оценивают положительно.

Таким образом, как мы видим, идеи системно-деятельностного подхода позволяют по-новому осмыслить не только творческую деятельность отдельного ученого и научного сообщества, но и выйти на макроуровень науки, выявить изоморфизм основных структур ее креативности.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Поппер К.* Логика и рост научного знания. М., 1983. С. 449.

[2] *Яковлев В.А.* Философские принципы креативности // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. 5/1999. С. 98.

[3] *Новик И.Б.* Системный стиль мышления. М., 1986. С. 13.

[4] *Яковлев В.А.* Инновации в науке. М., 1997. С. 47–49.

[5] Там же. С. 60–82.

И.А. Одесский

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ГЕОЛОГИИ

Системные исследования в последние десятилетия особое распространение получили в геологической науке. Однако их эффективность невелика из-за отсутствия у большинства исследователей системного мышления (системного взгляда на мир). Организация системного мышления должна быть аналогична компьютерной технологии и состоять из трех блоков: блока памяти, процессора, снабженного программным обеспечением, и специального языка.

Под блоком памяти подразумевается информационное поле, которым владеет исследователь. Объем этого поля в современных условиях, благодаря существованию сети Интернет, может быть неограниченно расширен. Поэтому возникает опасность потеряться в океане информации, не сумев извлечь из него сведения, необходимые для решения конкретной задачи или проблемы. Чтобы этого не произошло, необходимо иметь достаточно четкие представления об основных принципах организации окружающего мира и путях его познания. По-существу, это есть не что иное, как мировоззренческая позиция исследователя (так называемая парадигма). Если угодно, необходима программа исследований, позволяющая кратчайшим путем достичь поставленной цели.

Под языком понимается использование фундаментальной понятийно-терминологической базы. При отсутствии таковой вообще невозможна четкая формулировка программы исследований. Поэтому фундаментальный язык должен отличаться однозначностью, общенаучностью и операциональностью используемых понятий. Между тем используемый в настоящее время язык (по крайней мере в геологии) достаточно расплывчат. Так, известные методологи С.А. Мороз и В.И. Аноприенко, рассуждая о перспективах развития геологии пишут: «Неточность (неоднозначность) геологических понятий обусловлена конструированием их на интуитивно совершаемой операции отделения главного от второстепенного, в результате чего в геологии... задачи, стоящие перед наблюдателем, сложны, расплывчаты, неопределенны, что затрудняет фиксацию результатов наблюдения,

обесценивает геологическую фактологию, снижает надежность геологического факта при построении теории»[1]. Еще раньше, касаясь проблемы создания фундаментального научного языка, И.В. Блауберг, В.Н. Садовский и Э.Г Юдин писали: «Системные методы исследования... лишь тогда станут полностью эффективными, когда они будут пользоваться точным, строгим научным языком»[2].

К понятиям, формирующим такой общенаучный фундаментальный язык, в первую очередь следует отнести такие, как: объект, признак, предмет, упорядоченность, систематизация, таксономизация, классификация, методология, методика, метод, которые, к сожалению, в настоящее время даже в справочной литературе трактуются по-разному. Учитывая это, предлагается строго придерживаться следующего содержания перечисленных понятий.

Объект — это любая реалия, отражающая одну из трех форм существования материи: пространство (тела и поля), движение (процессы) и время (хронологическая последовательность тел, полей или процессов). Однако при системных исследованиях в современной геологии, предусматривающих всесторонний анализ рассмариваемых объектов, объем этих объектов не регламентируется, да и само их понятие четко не определяется.

В соответствии с тремя формами существования материи и в геологии должны выделяться три категории рассматриваемых объектов, а именно: 1 — геологические образования разных уровней иерархической организации геологической материи (по крайней мере, от химических элементов до планеты Земля в целом); 2 — геологические процессы, конечным продуктом которых являются соответствующие геологические образования; 3 — хронологическая последовательность этих образований и создающих их процессов, изучением которой практически занимается историческая геология. Поэтому совершенно справедливым следует признать утверждение Ю.А. Косыгина и В.А. Соловьева о существовании трех направлений в геологических исследованиях, посвященных статическим, динамическим и ретроспективным системам[3].

Признаком является любая характеристика объекта. Все бесчисленные признаки объекта практически объединяются в пять групп: 1 — форма (очертания, размер и характер ограничения), 2 — состав, 3 — строение, 4 — свойства, 5 — происхождение. Типичным геологическим примером, иллюстрирующим обращение к этим группам признаков, можно считать любой минерал, который обладает определен-

ной морфологией (например, кристаллической формой), химическим составом (чаще всего лежащим в основе поисковых и разведочных работ), строением кристаллической решетки, многочисленными свойствами (окраской, твердостью, удельным весом и т. п.) и происхождением (магматическим, осадочным или метаморфическим).

Признаки геологических объектов могут быть явными и скрытыми, качественными и количественными, относительными и абсолютными, необходимыми и достаточными.

В самом деле, обращаясь к тем же минералам, явными признаками, подлежащими визуальной оценке, следует считать форму кристалла или его цвет. Однако его химический состав, кристаллографическая структура или, скажем, удельный вес не могут быть установлены без применения специальных приборов, аппаратуры и научных исследований. Поэтому признаки, подлежащие специальному анализу, переходят в более высокий ранг — ранг предметный. Отсюда появляется следующее понятие системного мышления — предмет, т. е. определенная область знаний (науки), занимающаяся установлением или изучением соответствующей характеристики объекта.

Итак, признак, подлежащий научному анализу, становится предметом исследования. Таким образом, объект и предмет познания не одно и то же, как, например, утверждается в словаре иностранных слов: «Объект — предмет познания и деятельности человека»[4]. Примерно в том же смысле этот термин трактуется и в кратком философском словаре: «Субъекту противопоставляется объект как внешний предмет сознания и деятельности»[5]. Ошибочное смешение понятий «объект» и «предмет» сплошь и рядом встречается в специальной научной литературе, ссылки на которую бессмыслены из-за ее многочисленности.

В геологии, как, по-видимому, и в других областях, количественные признаки предподчтительнее. Поэтому в огромном числе случаев предпринимаются попытки кодирования качественных характеристик тех или иных объектов, особенно при использовании в процессе исследований вычислительной техники. Так, например, может быть введен количественный код для обозначения интенсивности окраски минералов или горных пород. Использование числового кода позволяет проявить направленную тенденцию в изменении рассматриваемых признаков. Хотя многие признаки не поддаются данной операции, как, например, происхождение тех или иных геологических объектов.

При использовании количественных показателей признаков безусловным преимуществом пользуются признаки абсолютные по сравнению с относительными. Например, с течением временем, по мере развития технических возможностей, все шире применяются абсолютные датировки геологических образований по сравнению с приемами относительной геохронологии.

Необходимый набор признаков является непременным условием открытия принципиально нового объекта. Он должен включать в себя признаки, обязательно входящие в каждую из приведенных пяти групп. Достаточным же набором признаков обычно ограничиваются при распознавании известных объектов. Так, в учебном процессе при диагностике минералов студент обычно ограничивается только основными их характеристиками. При этом количество приводимых признаков обычно произвольно и зависит от конкретной ситуации. Так, для графита достаточны темно-серый цвет и твердость, позволяющая писать минералом по бумаге.

Упорядоченность — это существование определенной закономерности во взаимоположении объектов. Упорядоченность объектов по общему для них признаку принято называть классификацией. Упорядочение же объектов по их соподчиненности составляет суть систематизации. Систематизация бывает иерархической (атом, молекула, химический элемент и т. д.) и таксономической внутри каждого иерархического уровня (например, от моноэлементного минерала до полиэлементного). Существующее в биологии упорядочение представителей органического мира путем отнесения их к видам, родам, семействам, отрядам, классам, типам и царствам является, по-существу, таксономированием. Аналогичный подход должен иметь место и в области неживой природы. При этом объект более низкого иерархического уровня при переходе на более высокий уровень превращается в признак объекта, т. е. в предмет научного рассмотрения. Таким образом, именно при систематизации объектов проявляется истинная связь между понятиями «объект» и «предмет» исследования, т. е. их перемещение по ступеням иерархической лестницы. Ни в коем случае нельзя путать систематизацию с классификацией.

Методология является мировоззренческой позицией исследователя — его парадигмой (а вовсе не учением о методе в буквальном переводе на русский язык) и, по-существу, представляет собой содержание второго блока системного мышления. За последние 200 с лишним лет научная мысль последовательно руководствовалась разны-

ми парадигмами — униформизмом, катастрофизмом, эволюционизмом, актуализмом. По-существу, системный подход в научном анализе также можно назвать современной парадигмой.

Методика в науке — это сочетание и последовательность научных методов познания. Любые геологические исследования при их проектировании непременно включают в себя набор и календарную последовательность применения различных приемов исследования (бурение, постановка геофизических исследований, маршрутные наблюдения, лабораторные анализы и т. д.). По своему содержанию термин «методика» сродни термину «технология» в производственном процессе.

Наконец, метод — это и есть конкретный научный прием или операция (действие), включенный в методику научно-исследовательского процесса.

Изложенное выше, как нам представляется, может лечь в основу экспертной оценки уровня научных открытий в порядке их значимости: 1 — открытие нового объекта, 2 — открытие нового признака у известного объекта, 3 — новый принцип упорядочения объектов.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Мороз С.А., Оноприенко В.И.* Методология геологической науки. Киев, 1985. С. 43, 45.

[2] *Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., «Знание», серия Философия 2, 1969.

[3] *Косыгин Ю.А., Соловьев В.А.* Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях // Изв. АН СССР, сер. геол., 1969, № 6.

[4] Словарь иностранных слов. М., 1954. С. 488.

[5] Краткий философский словарь. М., 1952. С. 506.

А.А. Силин

ОНТОЛОГИЯ ЦЕЛОГО В АСПЕКТЕ СИСТЕМАТИЗАЦИИ НАУК

Согласно философу Р. Штейнеру, началом познания служит цельность бытия, где образ мира не может быть понимаем ни как субъективный или объективный, ни как случайный или необходимый. Само понятие истины обретает смысл только в процессе познания, когда изначальная цельность искусственно расчленяется на субъект и объект. Затем ощущение организуется и упорядочивается мышлением до адекватного образа мира, где материя и дух снова органически сплетены. В науке целое признается натуралистами в виде единых законов природы как нечто очевидное и подтверждаемое опытом. Разница с религиозным подходом состоит здесь в том, что целое самодостаточно и не несет в себе какой-либо изначальной цели. Тем более оно не способно ответить благостным воздаянием (милосердием Божьим) на молитвенную покорность. Для ученого важно совсем иное. Человек как природа, постигшая саму себя, осознает параллельно и в равной мере свою самодостаточность и неразрывность с целым. Первое определяет практическую неограниченность волевого выбора, второе — теоретическую его конечность в рамках целого.

Широко распространившееся в естествознании представление мироздания как целого (космологический принцип) пока что сугубо материалистично и статично по существу. Оно строится на *редукционизме*, упорных попытках свести самые сложные структуры к элементарным микрочастицам, неизменным и взаимодействующим по столь же вечным законам квантовой механики. Общепринята и научная трактовка целого как результата обобщения частного в общее (индукция) и выведения простого из сложного (дедукция). Мы видим это на примерах типичного для науки поиска фундаментальных концепций с последующим сведением физических макроструктур к их микроскопическим элементам, а сложнейших биологических процессов и даже сознания — к физико-химическим явлениям. В пользу подобного редукционизма свидетельствует единство химического состава материи, доказанное спектральным анализом, а также космологиче-

ский принцип, утверждающий общность физических законов и мировых констант во всей доступной нашему наблюдению части Вселенной. В итоге мироздание смотрится цельно, хотя и статично, как некое величественное сооружение, не подверженное власти времени. Но природа развивается, и вписать в подобную застывшую модель идею развития трудно, если возможно вообще. Классическое естествознание началось с выделения и изучения застывших в своей основе фрагментов природы, казавшихся поначалу разрозненными. Однако углубление в суть таких фрагментов стало все чаще и во все более широких масштабах приводить к обнаружению парадоксальных связей между ними. К. Максвелл открыл в середине XIX в. такую связь между всеми видами электромагнитного излучения, предсказав заодно радиоволны, которые вскоре обнаружил Г. Герц. Естествознание XX в. стало сплошным триумфом подобных объединений практически во всех его областях. Апофеозом редукционизма, как надеются ведущие физики, должна стать Единая теория поля, объединяющая все известные виды физического взаимодействия, включая и гравитационный.

Так классическая идея досконального исследования выделенного объекта *самого по себе* трансформировалась постепенно в идею многообразной связи этого объекта с окружающей средой на основе все более глубоких и общих законов природы. Тем не менее подобный синтез отражает, по нашему мнению, торжество онтологической идеи целого, а отнюдь не победу редукционизма, столкнувшегося с серьезными трудностями. В отличие от Платона, считавшего вещи лишь искаженными копиями их первичных идеальных прототипов (эйдосов), окоченевшими во времени, нынешний натуралист с его гипотезой, теорией и их экспериментальной проверкой интуитивно воспринимает мир как адекватные друг другу ипостасии реальности — идеальную (зародившуюся в сознании) и материальную, свободно конвертируемые друг в друга и развивающиеся от простого к сложному.

Подобное развитие происходит в строгих рамках законов сохранения целого при постоянстве мировых констант. Проблема в том, откуда взялись сами эти законы и константы («правила игры»), равно как и виртуальные формы материальных структур. Цельность бытия означает тождество его самому себе, исключая что-либо вне его. Поэтому законы природы и мировые константы не могут стоять выше целого подобно платоновским абсолютам. Они обретают смысл лишь при искусственном рассечении целого, без чего, по-видимому, познание

этого целого просто невозможно[1]. Как же возникает и что собой представляет возможная или виртуальная реальность? Суммируя различные представления, приведенные ниже, логично предположить, что подобная реальность если не существует вечно, то возникала одновременно с Большим взрывом или предшествующей ему стадией инфляции. Реальность эта имеет идеальную, точнее, информационную природу. Она пребывает вне пространства—времени в его физическом понимании, оперируя мгновенно[2] и охватывая не только мир, в котором мы живем, но и любые возможные типы вселенных.

Идея развития в аспекте целого

Системный подход в науке XX столетия ознаменовал собой в конечном счете философское понимание окружающего материального мира как самодовлеющего целого. Представление о *стремлении к целому* внутренне противоречиво, поскольку подразумевает нечто вне. Речь идет, на самом деле, только о *выражении* целого в его саморазвитии. Способно ли оно эволюционировать от простого к сложному, оставаясь тождественным самому себе? Безусловно, да. Отсутствие тут логического противоречия можно пояснить, используя аналогию с шахматами, которые с их фигурами, доской и правилами, с одной стороны, и игроками, с другой, могут служить моделью целого. Их информационное отображение (ИО) — все партии, которые уже сыграны или могут быть сыграны, начиная от примитивных и кончая сложными. Число партий огромно, но счетно, т. е. конечно. При этом любая партия имеет смысл только в пределах правил игры, так же как ни одно природное событие не способно нарушить законы природы, т. е. выйти за рамки целого. Ходы игроков дискретны и непредсказуемы, причем каждый из них способен резко изменить игровую ситуацию. Последняя, со своей стороны, нелинейна, неопределенна, как и исход всей партии. Промахи и зевки игроков выражают противоречивость разумного существа, которому свойственно ошибаться.

Развитие шахмат означает их усложнение во времени с учетом опыта прошлого, что, как мы видим, не нарушает их цельность. Другими словами, концепция целого совместима с идеей развития бытия от простого к сложному. Добавим, что подобную игровую модель некоторые выдающиеся физики-теоретики (Д. Уиллер, М. Гелл-Манн) склонны распространить на всю Вселенную. Редукционизм статичен

по существу, а потому сталкивается с серьезными трудностями при анализе модели развития. Фундаментальной причиной несостоятельности теории естественного отбора и объяснения природы живого вообще служит катастрофическая нехватка информации, которой по материалистическим представлениям просто неоткуда взяться. Концепция единства сознания и материи (ЕСМ) позволяет выйти из этого тупика на основе базового допущения изначальной идеальной компоненты целого, дополняющей его материальную составляющую в виде иерархии информационных отображений, адекватных как существующим, так и виртуальным структурам.

Другими словами, иерархия ИО и есть целое в его информационном виде или, если угодно, его голограмма, каждая частица которой несет в себе единый и непротиворечивый образ, правда, более или менее тусклый и размытый из-за искусственного отрыва его от целого. Любой материальной структуре, например генотипу каждого биовида, соответствует ее ИО, пребывающее вечно. При некоторых благоприятных условиях, например избытке «свободной энергии» извне, телесный прототип способен перескочить на более высокий уровень сложности, задействовав дополнительную информацию из иерархии ИО, что выражается затем в скачке эволюции[3].

Онтология остро ставит проблему *источника* творческой потенции в живой и неживой природе. Одной из главных слабостей дарвиновской теории эволюции с ее случайным естественным отбором служит неспособность предвидеть свою дальнейшую траекторию. Попав, например, в кембрийскую эпоху, дарвинист не смог бы предсказать происхождение из водорослей более сложных существ[4]. Еще более серьезной, как считал и сам Дарвин, оказывается неспособность его теории объяснить гигантские разрывы в сложности структур, зияющие в единой цепи эволюции. Каждое следующее звено цепи настолько отличается от предыдущего степенью сложности, что их происхождение одного из другого представляется нелепым. С таким же успехом телега, например, может скачком породить самолет. Поначалу эволюционисты питали надежду на промежуточные неустойчивые формы, которые якобы быстро вымерли. Однако полуторавековой поиск палеонтологами таких «отсутствующих звеньев» кончался, за редким исключением, ничем. Универсальный механизм эволюционного скачка, по И. Пригожину[5], выглядит тут недостаточным, требуя дополнительных сильных допущений. Наряду с этим сама идея скачка, лежащая в основе квантовой механики, на-

ходит убедительное подтверждение и в развитии живого, несмотря на исключительную сложность биоструктур и видимую невероятность самих скачков.

Альтернатива дарвиновской теории эволюции со стороны Ведического учения покоится на признании Вселенского сверхразумного существа (ВСС) как олицетворения целого и источника всей информации о бытии, готового поделиться ею в благих целях с избранными и специально подготовленными учителями-провидцами. Идеология подобного контакта изложена в ведической литературе Древней Индии. Речь идет, по существу, об «обратной эволюции», где сложная информация поступает «сверху», воплощаясь сначала в разумные твари, а затем спускается дальше вниз, порождая последовательно или параллельно все более упрощенные существа под непрерывным мониторингом ВСС. Похожую концепцию разделял в прошлом веке один из создателей эволюционной теории А. Уоллес. В наше время палеонтолог Р. Брум, открывший в Африке австралопитека, признал духовную силу высших существ, организующую поведение низших. При благоприятных условиях душа, согласно Ведам, может, по мере углубления самосознания, эволюционировать в человеческую. Действуя как идеальная реальность вне физического пространства—времени, ВСС способно войти в него в виде стимулов материальных действий, реализуя целое, наделенное чертами личности.

Рассмотрим философский аспект прямой и обратной эволюции. Первая, выражая естественное и стихийное шествие природы от простого к сложному, означает прежде всего рождение нового в смысле никогда ранее не существовавшего и не предсказуемого в силу нелинейности природы. Вторая постулирует изначальное наличие всей информации о мире, что исключает появление в нем чего-либо нового в принципе, равно как и случайность подобного события. Отличие Божества от космической Сверхцивилизации с ее снисходительными подсказками оказывается здесь мало существенным. Главным служит допущение или недопущение какой-либо *предопределенности* в этом мире. Первое ведет к отрицанию самодостаточности человека и признанию довлеющего над ним рока в образе Бога или некоего таинственного Голоса Неба. Второе, признавая эту самодостаточность, ставит человека перед головоломкой мистического рождения чего-то нового, к тому же чудовищно сложного из куда более простого.

Обратимся снова к проблеме происхождения Вселенной. Исключительная сложность физических вопросов, связанных с так называемой инфляцией, предшествующей Большому взрыву, приводит все большее число критиков теории большого взрыва (ТБВ) к признанию Высшего сверхъестественного существа. Генеральной его целью было создание человека, способного сначала осознать этот мир как противостояние его собственному Я, а затем, органично сливаясь с ним, продолжить его творение. В итоге ведическая критика ТБВ покоится на двух китах: несостоятельности науки при объяснении хаотической сингулярности, из которой якобы стартовало развитие материи, и практической невероятности естественного явления невыразимо сложного феномена человека. Этот же подход дает альтернативную версию религиозному по существу *антропному принципу*, активно обсуждаемому в последнее время ведущими физиками. Суть его в признании запланированного появления на арене развивающейся природы разумного игрока-творца. Для натуралистов решающим аргументом в пользу этой телеологической версии служит та же, теперь уже научно обоснованная, невероятность случайного появления человека. Но мы есть, и тогда, по мнению ряда ведущих натуралистов, единственным якорем спасения оказывается Бог.

Тем не менее атеистический принцип самодостаточности человека может быть сохранен и тут. Говоря о целом, мы исходим из единства сознания и материи, с ее «свободной энергией» как средством взаимной конвертации того и другого. В этом смысле первичный Огненный шар, содержащий в себе чудовищный запас массы-энергии и дополненный изначально виртуальной (идеальной) реальностью в виде гигантского, но конечного запаса любых информационных форм, оказывается не только источником вселенской творческой потенции, но и изначальным символом целого. Тем самым постулирование идеальной реальности в виде иерархии ИО позволяет философам и натуралистам обойтись без ВСС как в момент происхождения Вселенной, так и на стадии ее последующего развития. Мониторинг со стороны ИО вместе с принципом «ни шагу назад» дает возможность уложить развитие материи в единое и сравнительно узкое русло, автоматически отсекая побочные и взаимно уничтожающие друг друга версии. Появление в этом русле сознательного существа оказывается закономерным выражением целого, не требуя вмешательства чего-либо сверхъестественного.

Неполнота редукционизма

Мироздание редукционистов напоминает пирамиду Хеопса или, если угодно, современный блочный особняк, где строительные элементы можно при желании разглядеть воочию. Для философов — сторонником единства сознания и материи указанные части целого, равно как и законы, ими управляющие, высвечиваются лишь в процессе познания как результат субъективного расчленения и наблюдения объекта в рамках законов и правил, которые не противоречат законам целого. При этом наблюдатель волен выбрать как предмет, так и средство наблюдения. В то же время его произвол и творческая фантазия ограничены, повторяем, рамками целого, за которые наблюдатель не может выйти. Именно поэтому количество способов описания бытия как целого практически бесконечно, хотя все они адекватны друг другу по существу.

Целое олицетворяется тогда хрустальной вазой, которую можно разбить на множество осколков бесчисленным количеством способов, утратив навсегда представление о форме вазы. Вопрос Д. Уиллера, что такое луч света накануне встречи с прибором, представляется риторическим, поскольку до этого момента пребывало целое, тождественное лишь самому себе. Лишь при встрече с прибором из него искусственно был вычленен фрагмент, свойства и даже само существование которого определяются произволом наблюдателя. Подобный произвол включает, например, признание реальности пространства—времени и причинности как необходимых условий сохранения целого при наблюдении его фрагментов. При этом он не вносит анархию в естествознание, поскольку одинаковость способов расчленения целого и улавливания его фрагмента неизменно приводит к одинаковому результату. Все это подобно множеству троп, ведущих к единой вершине.

Заметим, что концепцию редукционизма разделяют далеко не все специалисты в области сверхсложных систем. Альтернативная версия состоит в признании автономности законов на каждой ступени сложности. Невозможно описать, например, сооружения древней цивилизации, опираясь только на свойства кирпичей, из которых они сложены. Биологические формы живого (например, клетки), считает У. Эльзассер, это первичные и неупрощаемые, подобно самым общим законам природы, типы природной организации. Сугубо практическое значение этого тезиса в том, что законы целого действуют на

самом деле прямо и мощно на любом уровне, включая и социальный. Другое дело, каким образом сверхсложные структуры возникают из более простых элементов.

Непреодолимые препятствия возникают, как оказалось, уже на стадии появления биоклетки с последующим формированием из нее все более сложных организмов на основе единого генетического кода. Это следует прежде всего из неприложимости материалистических законов к живой материи, действующей целесообразно даже на уровне бактерий. Все попытки свести законы живой природы к квантовой механике оказываются тут бесплодными главным образом из-за катастрофической нехватки информации, необходимой для возникновения весьма сложных структур. Тем не менее подобные попытки упорно продолжаются и поныне со стороны биофизиков и биологов, полагающих, что феномен жизни может быть сведен в своей основе к квантовой механике. Идеалистической альтернативой подобному подходу служит старинная концепция *энтилехии* как мистической жизненной силы, не сводимой к материальным процессам и отрицаемой большинством биофизиков.

Критика современных научных, материалистических по существу, представлений будет приведена нами далее с двух сходных в основе, но существенно различающихся по ряду важных пунктов позиций: философской концепции единства сознания и материи (ЕСМ) и Ведического учения. Динамическая модель бытия на основе ЕСМ противопоставляет застывшему во времени редукционизму последовательное превращение хаотической материи во все более организованные и сложные структуры спонтанно и в пределах целого, включая живые и разумные существа. При этом любые уровни развития, равно как и свойственные им законы, оказываются равноправными в смысле принятия их за исходные при последующей индукции в целое или дедукции из него. Об этом свидетельствуют такие ключевые примеры развития материи, как эволюция живого от простого к сложному и теории Большого взрыва (ТБВ), который, как полагают космофизики, не только положил начало нашему миру 10–20 млрд лет назад, но и привел к постепенному появлению сложнейших материальных структур, от элементарных частиц до галактик и от живой клетки до высших животных, включая самого Homo sapiens.

Расхожий тезис, что Вселенная якобы бесконечно сложна, а потому «не по зубам» человеческому разумению, оказывается несостоятельным. За спиной этой версии маячит странное и тем не менее рас-

пространенное утверждение, что человек — некий самозванец и чужак в этом мире, противостоящий загадочной и враждебной ему природе. Для науки он источник опасного субъективизма, подлежащего вытравливанию и изгнанию во имя объективной истины. Так считали и считают уже в наше время крупнейшие естествоиспытатели, включая М. Планка и А. Эйнштейна — последних могикан классической науки. Однако согласно той же науке человек — естественное порождение и неотъемлемая часть природы. Это означает, что его сознание, по определению, ни только не может выйти за пределы природы, но и адекватно ее целому на каждом рубеже своего развития.

Абсолюты, столь любимые философами и физиками-теоретиками, навеяны, по существу, подспудной идеей Божественного вмешательства, принципиально не допускающего любые отклонения от канона, а тем более его двусмысленности как сатанинского соблазна. Сильнее такого предрассудка оказывался долгое время лишь эксперимент, сокрушивший благие представления о Земле как подножье самого Господа и вращении планет по Божественному кругу. Постепенно становилось ясно, что природа насквозь нелинейна и столь же далека от абсолютного совершенства (изотопы в таблице Менделеева, шалости и капризы эволюции и проч.), как и ее сознательный авангард и творец — человек.

Принципы неопределенности и дополнительности в квантовой механике, теорема К. Гёделя в математике, вероятностная природа информации в кибернетике и, наконец, нелинейная термодинамика в общей теории систем стали вехами при переходе от абсолютного, читай Боготворного, представления природы к ее реальному, т. е. естественному познанию и творению, со всеми заблуждениями «слепой эволюции» и нелепыми, если не сказать — гибельными, ошибками людей. Характерен и принцип *суммирования возможностей*, доведенный до математического совершенства Р. Фейнманом, но использованный еще О. Френелем и Р. Юнгом как основы волновой теории света. Налицо парадоксальное стремление реализовать параллельно все возможности, получая в итоге устойчивый, хотя и несколько расплывчатый, благодаря интерференции побочных вариантов, результат[6]. Здесь явно проглядывает несовершенство природы, в частности ее расточительность и избыточность, не подобающие Божеству.

Перенося центр тяжести проблемы развития с Бога на человека, натуралисты избавляются от множества реакционных традиций в виде Божественных абсолютов, сохранившихся в натурфилософии как

наследие средневековой схоластики. Сегодня это дурные бесконечности и связанные с ними чудовищные цифры теоретиков-шаманов, парализующие мысль как самих натуралистов, так и позитивистов, идущих у них на поводу. В основе подобных упражнений — игнорирование того, что человек и есть природа, осознавшая самою себя. Поэтому шансы построения цельной и развивающейся картины мира, с непременным включением в нее на определенном этапе человека как определяющего звена, существенно растут.

Сознание как идеальная реальность

Сознание как универсальное проявление развивающегося целого служит, если следовать концепции Тейяра де Шардена, определенной ступенью роста психизма, изначально присущего бытию. На этапе преджизни этот рост проявляется в синергетических, как мы теперь говорим, эффектах, выражающих единство материи вместе с ее поразительным стремлением к самоусложнению, инициируемым «свободной энергией». На ступени появления жизни синергетический скачок от макромолекул к клетке дает старт формированию все более сложных биологических структур, заполняющих морфологические ниши в неоднородном и дискретном пространстве—времени. Рост цефализации в сочетании с появлением единого генетического кода и механизмов самокопирования рождает, с одной стороны, все более сложные формы биоструктур, а с другой — способствует нарастанию биомассы как особо сложного пласта материи, требующего для поддержки не только все большей «свободной энергии», но и «роста солидарности» в рамках целого. Все это напоминает в итоге контуры одного гигантского организма.

Нарастающая активность живой природы в виде мутаций приводит к масштабному поиску и обретению все новых более сложных и принципиально непредсказуемых морфологических ниш, что выглядит в итоге как прыжки эволюции. Динамический подход к целому отличается, таким образом, от статического так же, как формулы классической механики от операторов квантовой механики, вносящих в действие над инертной системой активность и творчество с существенной размытостью результата. Подобную неопределенность можно понимать как неизбежный результат всестороннего «прощупывания», по выражению Тейяра, ситуации в поисках доминанты как

резонанса с целым. В итоге очередной скачок цефализации знаменует появление у высших животных феномена *сознания*, т. е. способности выделить свое Я из окружающего не-Я и реализовать ситуацию выбора *целенаправленно* в невиданных до сих пор масштабах. В результате возникают понятия пространства, времени и другие фундаментальные абстракции, обеспечивающие выбор целей и средств их достижения в тех же рамках целого.

Для внешнего наблюдателя подобный скачок психизма выглядел бы как резкое увеличение сложности и многообразия действий разумных существ с расширением их сферы и их ускорением. Суммарным результатом феномена оказывается преобразование окружающей среды с развитием все более сложной Второй природы. Параллельно увеличивается численность сознательных существ и нарастают энергетические затраты цивилизации. С другой стороны, безусловно, бросилась бы в глаза парадоксальная для разумных существ агрессивность людей по отношению к матери-природе и себе подобным в виде непрерывных кровопролитных войн, сведения лесов, обезвоживания почвы, массового уничтожения животных, словом, губительное для самих людей нарушение экологического равновесия, сложившегося в течение тысячелетий. Возникает стержневой вопрос. Почему человек, будучи плоть от плоти природы, а потому — гарантом целого, откровенно посягает на него, губя вместе с ним самого себя, подобно свинье в басне И. Крылова? Ответ коренится в противоречивой природе человека как самодостаточного существа.

Постулирование иерархии ИО означает, таким образом, изначальное существование идеальных структур любой степени сложности, разрешаемой законами целого. Гигантская избыточность ИО по сравнению с долей их реализации не мешает проявлению целого, учитывая их перекрестную и многократно дублированную связь друг с другом. Аналогию мы находим в устройстве нашего головного мозга — сложнейшей из известных пока структур. Число реализуемых форм, по мере их усложнения, должно, по-видимому, сокращаться, стремясь в пределе к единице, знаменующей достижение целого[7]. Это означает, что общее количество возможных форм во Вселенной конечно, хотя и достаточно обширно для проявления разумным существом присущей ему свободы воли.

Изложенная концепция дает возможность подчеркнуть лишний раз творческую роль воображения, позволяющего зачерпнуть из реальности не вширь, а вглубь. В этом смысле Интернет, будучи в ос-

новном механической суммой знаний, т. е. просто их хранилищем наподобие библиотек, явно отягощает воображение обилием информации. Но именно воображение, включающее также вкус, интуицию, чутье и т. д., позволяет угадать доминанту решения (ключевую идею, гипотезу) и выделить ее из многих сопутствующих факторов как некий резонанс с целым. Известно, что в поединках с компьютером-монстром гений шахмат превосходит машину именно по этому решающему параметру. И опять Интернет может играть здесь скорее подсобную роль, хотя и она настолько важна практически, что позволяет говорить об очередной революции в информатике.

Цельность идеального и материального

Для нас наибольший интерес представляет здесь философский компромисс, уходящий в древность и допускающий изначальное единство идеального с материальным уже на уровне атома. Концепция подобного панпсихизма была систематически развита в философии Лейбница и Спинозы, а в наше время Тейяром де Шарденом. В. Вернадский усматривал в ноосфере очередную ступень естественной эволюции природы, когда человек становится у руля развития Вселенной. В физике продолжателем этих идей является Ж. Шарон[8]. Согласно Бхагавад-гите (Веды), Вселенское сознание представлено в Сверхдуше подобно голограмме, частицами которой служат «простые» души. Это и есть олицетворение мирового целого, где явно просматривается аналогия со старинным тезисом западной философии о единстве Макрокосма с Микрокосмом, т. е. человеком.

Дальнейшим шагом в этом направлении послужило понимание условности расчленения целого скальпелем познания по произволу наблюдателя, что органически включало познающий субъект в объект познания. «Познать самого себя, взаимодействуя с самим собой». Этот взятый у Махариши и Хейглайна базовый тезис подразумевает, что наблюдатель и наблюдаемое сливаются воедино, равно как и душа с телом[9]. Великая тайна познания и творчества состоит в том, как душа, «оседлывая тело», превращается из голограммы в оператор, рождая психизм, т. е. сначала живую систему, а затем и сознание[10]. Радикальные шаги в этом направлении — открытие двойной спирали ДНК, возможность клонирования живых тварей и успехи в изучении человеческого мозга.

Давая информацию о себе самом с помощью особых «звуков», имеющих, как показал Хейглайн, аналогию с фундаментальными понятиями квантовой механики, ведическая модель целого зиждется на тождестве устройства идеальных и материальных структур, знаменующем их единство. Включение в картину мироздания наряду с материальной идеальной реальности вместе с человеком — носителем сознания позволяет преодолеть стену между косным и живым. Целое выглядит тогда не просто суммой отдельных элементов, а монолитом идеального и материального, сознания и материи как двух неразрывных, но не сводимых друг к другу сущностей. Подобный монолит смотрится совсем по-иному, чем у редукционистов. Лишь он абсолютен, тогда как все его части относительны, обретая смысл лишь с позиций целого. При этом каждый фрагмент, отражая целое, равноценен в познании этого целого, т. е. любой из них может быть выделен сознанием как исходный и главный, точно так же, как любая точка в расширяющейся Вселенной может считаться центром ее расширения. Но и тут сложившееся в науке понятие целого сводится к чисто материальным проявлениям. Тем самым упускается гигантская синтезирующая роль идеальной реальности в виде нетленной иерархии информационных структур.

Оператор квантовой механики[11] и есть тогда воплощение единства сознания и материи, укладывающееся в концепцию Аристотеля: активное сознание (дюнамис) формирует косную материю (потенцию). Гамильтониан квантовой механики изменяет состояние системы, не выходя за рамки целого. Гильбертово пространство (ГП), в котором он оперирует, бесконечномерно. Отражая цельность бытия, оно представляет собой векторное пространство возможностей. Здесь под действием оператора складываются такие состояния (свойства) системы, которые не совместимы в классической механике. Само же ГП без оператора абсолютно инертно.

Как природный оператор, гамильтониан занимает в выражении целого привилегированное положение. Будучи нелинейным, он способен добывать информацию и творить эволюцию от имени природы. Его собственные значения являют собой очаги стабильности с частотами или ритмами, которые совпадают в сознании и материи, вступая в резонанс с целым. Согласно единой теории поля, это «гармоники суперструны», у которой нет массы и есть одни частоты, адекватные элементарным частицам и силам. Пружина бытия сводится в итоге к неустойчивому возбуждению целого с последующим воз-

вратом к равновесию. Нарушение целого в науке временно и относительно, как верно указывает Махариши. Оператор-творец не просто сопрягает наблюдателя с наблюдаемым, а восстанавливает временно утраченное целое, что и порождает в результате не только знание, но и воображение, ведущее к творчеству. В этом и состоит смысл знаменитой сократовой максимы «познай самого себя» и декартова «знаю, что я знаю».

Призыв Сократа видится по началу невыполнимым, напоминая попытку барона Мюнхгаузена вытащить себя из болота за волосы, а максима Декарта — заумной тавтологией. Теперь ясно, что за всем этим скрывается простая мысль: мир целен. Познание обретает в итоге совсем иной смысл. Из выявления и обнажения сущего, скрытого доселе от наблюдателя, оно превращается в своеобразную реконкисту целого. Речь идет о единстве наблюдателя, представляющего целое, с произвольно вырванным наблюдаемым фрагментом, вырастающим до целого в процессе наблюдения.

Перед нами органическое слияние наблюдателя с наблюдаемым, когда целое по собственной воле и спорадически расчленяется на части с единственной задачей — раскрыть и подчеркнуть свою цельность во всей ее широте и глубине. Это и есть познание и творчество одновременно, так как подобное раскрытие естественно выливается во все более сложные структуры. Оно же есть «я знаю, что я знаю», поскольку, отрывая и исследуя по своему хотению кусок, я никогда не забываю о целом и неизменно возвращаюсь к нему. Весь секрет познания состоит в итоге в том, что, сосредоточившись на фрагменте и будучи увлеченным и поглощенным им, наблюдатель, пусть подспудно и скрытно, не отдавая себе отчета, всегда вынужден помнить о целом и стремиться к нему. Тем самым и только так я, согласно Ведам, поднимается до Я, до себя просветленного, все более претендуя на целое. Но тогда и сложность обретает новый смысл как самораскрытие целого, осознавшего само себя.

Синтезирующая роль целого

Сегодняшнее состояние естествознания с его сквозным системным подходом требует, наконец, слияния субъекта с наблюдаемым объектом или, если угодно, сложения их векторов в едином поле бытия. Добавим попутно, что системный подход в бизнесе и социологии

также основан на многофакторном анализе, учитывающем не только экономические факторы (главная ошибка А. Смита), но и психологию людей, их менталитет, а также ряд других несовместимых, казалось бы, влияний.

До появления кибернетики мысль натуралистов тщетно билась в порочном кругу. Представление, что сознание материально, становилось все более нелепым. Но какова тогда природа его материального воздействия? Откуда, если исключить Бога, потрясающая сложность и целесообразность всего живого? Очевидный человеческий метод действия по плану требовал того же и в живой природе, т. е. опять же Божественного промысла, просто неинтересного натуралистам. Допущение наряду с материальной идеальной (информационной, как оказалось) реальности претило натуралистам-атеистам как «протаскивание Боженьки». К тому же снова было непонятно, как бесплотное, по определению, способно управлять плотским. И, наконец, невозможно было вообразить *естественное* организующее, усложняющее воздействие на тело.

Выход из порочного круга стал возможным путем введения в естествознание нового фундаментального понятия «информация» как универсальной меры сложности систем, по Колмогорову[12]. Идея системного подхода, стимулируемая стремлением мысли к общему и целому, достаточно тривиальна. Проблема состояла в *аддитивности* (возможности суммирования) самых разнородных событий с одновременным определением их весомости (значимости) единой мерой. Золото как универсальная денежная мера стало первым значительным шагом в этом направлении, охватывая развивающееся мировое хозяйство. Второй фундаментальный шаг был сделан в естествознании, точнее в квантовой механике, где все возможные события имеют статус и закладываются в оператор в виде *вектора*, а весомость каждого из них оценивается вероятностью его появления. И, наконец, следующий фундаментальный шаг ознаменовался появлением кибернетики и ее ключевого понятия информации как универсальной меры сложности системы. В итоге появилась реальная возможность системного анализа путем количественной оценки весомости каждого значимого фактора с последующим сложением их в единый прогноз. Именно в этом состоит принципиальный рубеж «Века информации», реализуемый с помощью массовой компьютеризации и Интернета.

Характерно сравнение вероятностного подхода квантовой механики с информационным. Согласно первой, весомость события тем боль-

ше, чем оно вероятнее. С этой точки зрения незначительны такие важнейшие для биологии и техники события, как ультрафиолетовый «хвост» солнечных лучей, вызывающий фотосинтез, а также маловероятные радиоактивный распад, туннельный эффект и т. д. Противоположная ситуация имеет место при информационном подходе. Чем менее вероятно сообщение, тем больше в нем информации. Любая неожиданность, говоря иначе, чревата выбросом информации. Поэтому чем неожиданнее событие, тем более оно сокрушительно и опасно. Чудовищные примеры тому — землетрясения и терроризм. Вот почему хорошие прогнозы столь дороги. Отсюда же и стремление скрыть информацию, и отчаянная борьба за нее.

Век информации есть буквальная реализация библейского «сначала было слово», если под словом понимать информацию. Главный девиз человека «сперва в голове, а затем на деле» наконец-то стал не только очевидным (вопреки расхожему «чужая голова — потемки») и повсеместным, но приобрел новое обличье в виде «далеко не всякое слово — в дело». Однако обстановка по-прежнему далека от идиллической. Люди под влиянием СМИ и их чумы — рекламы вынуждены все более жить умом компьютера и Интернета. Драма сохранения целого состоит, однако, не в ограничении свободы воли, а в избыточности произвольного выбора. В итоге философское понятие «целое» с позиций единства сознания и материи значительно, если не в принципе отличается от принятых в физике и биологии.

Напомним, что натуралисты признают суверенность элементов целого, например электронов, протонов и нейтронов в физике или даже клетки в биологии. Такие элементы существуют, по их мнению, автономно и объективно, а не как результат субъективного расчленения целого скальпелем познания. Физический редукционизм как раз и зиждется на подобной возможности сложения целого из указанных «кирпичиков» на основе единых законов, охватывающих в том числе и живые структуры. Поразительно, что этот взгляд разделяют и многие биологи, о чем свидетельствует хотя бы современная медицина, упорно лечащая не весь организм, а его отдельные больные органы, используя столь же узко специализированные лекарства.

Итак, иерархия извечна и выражает потенциально или виртуально всю сложность природы. Это означает революцию в самом менталитете натуралистов. К единственно возможному, как считалось в науке со времен Ньютона, и примитивному силовому воздействию добавилось информационное, т. е. организующее воздействие на тело, систему,

структуру. Если первое измеряется, скажем, массой-энергией взаимодействующих тел, то второе определяется их сложностью, т. е. количеством информации, необходимой для их описания и воспроизводства. Результатом информационного взаимодействия служит дальнейшее наращивание уровня сложности системы и поддержание ее стабильности. В результате сознание стало информационной структурой, органически сопрягающей идеальную реальность (информацию) с ее материальными носителями — от молекул ДНК до мозга и нервной системы. Мистическое «соединение души с телом» оказалось на поверку преобразованием информационных сигналов с их низким энергетическим уровнем в силовые акты с необходимым их усилением. Сложность и целесообразность живого — следствие подобной активизации природной информации, сосредоточенной в иерархии ИО.

Все это не столь бросалось в глаза на начальном этапе развития натурфилософии. Занимаясь только материальными структурами, натуралисты добились за четыре века выдающихся успехов, достаточных для приложения механики и физики к технологии. Вспомним, например, о высокой надежности самолетов, компьютеров и других идолов нашей техногенной цивилизации, построенной на достижениях науки. Но, признавая целое, физики свели путь к нему как высшей истине к неистовому углублению в микромир, узнавая в буквальном смысле все больше о все меньшем и рискуя в конце концов знать все ни о чем. Любопытно, с какой яростью природа сопротивляется подобному насилию, требуя гигантских затрат на науку, не снившихся ни Фарадею, ни Резерфорду. Между тем та же цельность природы не позволяет выделить микромир и физику больших энергий как единственный путь к абсолюту. Более того, с уверенностью можно говорить, что наступивший век приведет скорее к фундаментальным прорывам в биологии и генетике, открыв прямой выход к информационным отображениям, на что способны пока в той или иной мере лишь экстрасенсы. Во всяком случае, картина мира уже немыслима сегодня без активно встроенного в нее человека.

Человек как часть целого

Итак, бытие творится не Богом, а человеком, а потому несет на себе его неизгладимую печать. Тотальное ускорение темпа цивилизации создает перегрузку сердечно-сосудистой системы, сокращая

биоресурс организма. Нормой стали демагогические посулы властей, которые не выполняются, и сенсационные прогнозы «яйцеголовых», которые не сбываются, в то время как демократические структуры разъедаются коррупцией. Физиологический барьер, как дар прошлого, разрушается СПИД'ом, наркотиками, обжорством и обилием лекарств, а моральный — политиканством, демагогией и той же рекламой. Терроризм вселяет парализующий ужас и лишает последних надежд на спокойствие и стабильность. И даже сама компьютеризация, это ядро века информации, плодит невиданные ранее преступления. Все это означает лишь, что человек по-прежнему остается двуликим, противоречивым существом.

Важно однако, что и сам человек есть неразрывная часть бытия или, проще говоря, дитя природы, а потому «человеческий отпечаток» на ней банален и неизгладим. Первым следствием такого подхода служит атеизм, т. е. невостребованность сверхразумного существа, создавшего якобы Вселенную и самого человека по собственному хотению. Второй, не менее фундаментальный вывод состоит в том, что человек-творец, как свидетельствует весь исторический опыт, органически сочетает в себе разумное с иррациональным и добро со злом, не утрачивая этой двуликости по мере развития цивилизации. Поэтому люди, в отличие от Бога, не способны полностью предвидеть грядущее и добиться всех своих целей, будучи ограничены нелинейными законами природы и сами являясь внутренне противоречивыми существами.

На этом фоне поставленный выше вопрос о странной и противоречивой роли человека в этом мире по-прежнему выглядит особенно остро. Но парадокс исчезает, если тождество философских утверждений «человек разумен» и «человек благ», провозглашенное Ж.Ж. Руссо и подхваченное французскими энциклопедистами, а в истекшем столетии В. Вернадским и Тейяром де Шарденом, признать мифическим, поскольку оно опровергнуто всем опытом истории. Проблема, почему Homo sapiens как сложнейшее из нам известных порождение природы не только продолжает и ускоряет ее дальнейшее творение, но и люто ненавидит одновременно себе подобных, периодически ставя цивилизацию на грань самоубийства, по-прежнему остается для нас тайной за семью печатями.

Однако и тут концепция целого проливает некий свет на самый мрачный для нас секрет бытия. Дело в том, что целое консервативно, а потому беспощадно и жестоко уже по природе, в отличие, ска-

жем, от утешительных религиозных построений. Это означает, что вместо мистической схемы движения от зла к добру, за которой стоит сам Господь или абсолют добра Платона, фактически имеет место поляризация этических крайностей, сохраняющая баланс целого по старинному житейскому принципу «не сделаешь добра, не получишь зла» или «не согрешишь — не покаешься». Величайшее творение природы — разум — жаждет, увы, не только знаний, но и крови ближнего. В итоге бесконфликтная буржуазная демократия со всеми своими электронными прибамбасами выглядит на историческом фоне такой же наивной утопией, как коммунистический рай или библейский Эдем.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Принцип целого (холизм) сформулирован южно-африканским философом Я. Смэтсом в 1926 г. как «целое больше, чем сумма его частей». Автор изначально понимал целое как синтез объективного и субъективного, материального и идеального. Эволюционируя, оно рождает все новые демонстрации себя и свою высшую форму — человеческую личность

[2] Это не противоречит теории относительности, поскольку информация не обладает массой покоя.

[3] Это не означает, что мутировавший таким путем прародитель затем исчезает. Нет, он продолжает существовать более или менее долго в прежнем виде, что мы и наблюдаем в нашей богатейшей флоре и фауне. *Принцип соответствия*, лежащий в основе естествознания, служит тут прямым подтверждением подобной концепции.

[4] Правда, подобное возражение, казалось бы, снимается, если учесть неизбежную случайность при развитии системы от простого к сложному. К тому же понятие «траектория» отсутствует и в квантовой механике.

[5] Согласно нелинейной термодинамике, развитой И. Пригожиным и др., всякая открытая система (диссипативная структура), насыщенная «свободной энергией», теряет устойчивость, обретая одновременно способность скачком перейти в более сложное, но стабильное состояние. Механизм подобного скачка универсален, поэтому линия развития любой структуры непредсказуема в принципе. С большей определенностью можно говорить тогда не о цели развития, а лишь о его направлении от простого к сложному. В итоге неопределенность и видимая слепота эволюции и живой, и косной материи также лишают этот реальный процесс его Божественного ореола.

[6] Подобный подход позволяет объяснить доказанное в последнее время *параллельное* существование в течение миллионов лет человекоподобных существ, стоящих на разных ступенях развития, что противоречит каноническим представлениям о *последовательных* этапах в формировании современного человека. Альтернативой служит одновременное появление и дальнейшее существование семейства человекоподобных в рамках единого генома.

[7] Вейнберг говорит о все большей жесткости и четкости основных принципов по мере приближения к научной вершине в виде Единой теории поля. См.: *Wenberg S.* Dreams of a Final Theory. Vintage Edition, London, 1993.

[8] Речь идет о попытке возродить на современном уровне древнюю идею монады, допустив наличие у элементарных частиц памяти, свободы воли и даже такого высшего свойства сознания, как «я знаю, что я знаю». В итоге наше сознание отличается от «элементарного» лишь количественно, что вызывает серьезные сомнения и противоречит концепции Тейяра, на которую ссылается автор.

[9] Согласно Ведам, подобной цельностью восприятия обладает особое просветленное состояние сознания, достигаемое путем медитации.

[10] На поразительную аналогию подобных ведических представлений с подходами квантовой механики указал физик-теоретик Д. Хейглайн. *Hagelin J.* Restructuring Physics from its, Foundation in Light of Maharish's Vedic Science // Modern Science and Vedic Science. 1989. V. 3, № 1. С. 24–25.

[11] Базовая модель квантовой механики построена на действии в бесконечномерном гильбертовом пространстве нелинейного оператора (уравнения Шредингера) на *векторы состояния*, *суммируя* их. Получая информацию извне, подобный оператор способен оценить таким способом шансы на реализацию любого возможного состояния, замыкая триаду наблюдатель — инструмент — наблюдаемое.

[12] А. Колмогоров ввел строгое математическое понятие сложности структуры, пропорциональной теоретическому минимуму информации, необходимому для ее полного описания и воспроизведения. *Колмогоров А.Н.* Три подхода к определению «количества информации» // Проблемы передачи информации, т. I, вып. 1. М., 1965.

Н.В. Поддубный

ЯДРО СИСТЕМЫ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС И ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОНЯТИЯ

Интеграция современного научного знания, установление междисциплинарных связей происходит как на основе уже устоявшихся общих понятий, так и общеупотребляемых, но не имеющих еще своего четкого научного статуса. К последним и относится понятие «ядро системы». В данной статье сделана попытка конкретизации значения этого понятия, установления его онтологического статуса и гносеологического значения.

Это понятие отражает структурную и функциональную особенности определенной части самоорганизующейся системы (СС), как правило, центральной части системы. Ядро имеет самые различные СС — элементарная частица, атом, молекула, живая клетка, организм в целом, плоды растений, общество, наука, биосфера, галактика, Вселенная. Можно сказать, что ядро — обязательный атрибут всякой СС. «Образование зародышевой формы целостности выступает как процесс собирания элементов вокруг некоторого объединяющего центра или пункта их взаимного *опосредования* (курс. наш. — *Н.П.*)», — пишет Е.Я. Режабек[1]. Этим посредником и является ядро системы. Следовательно, опосредование является смыслом образования ядра СС.

На ядерно-оболочечное строение многих природных объектов обратил внимание Б.М. Кедров в связи с исследованием механизмов «сцепления» естественных наук между собой. Он придавал этому факту важное методологическое и гносеологическое значение, так как в нем конкретно, а не чисто умозрительно отражается структурное единство мира. Ядро и оболочка, по его мнению, представляют собой диалектическое единство двух противоположных частей целого. Однако, обнаружив и поставив проблему в общем плане, Б.М. Кедров не занимался ее решением, не рассматривал природу данного

явления, конкретные диалектические взаимоотношения между ядром и его оболочкой, их эволюционные изменения. Кроме того, он считал, что многие природные системы вообще не имеют ядра, например, многоклеточный организм, а многие в процессе своего развития утрачивают такое строение. Так, Б.М. Кедров пишет: «Вообще, как мне кажется, есть некоторая закономерность в том, что если исходный элемент системы обладает ядерно-оболочечной структурой, то в ряде случаев его развитие и усложнение, а вместе с тем развитие и усложнение всей данной системы приводят к возникновению более дифференцированных систем, для которых такая структура уже не является характерной или же отсутствует вовсе. Возникает интересный вопрос о соотношении между объектами природы обладающими ядерно-оболочечной структурой и лишенными таковой»[2]. Из приведенного высказывания ясно, что Б.М. Кедров под ядром понимал вполне конкретную вещественную структуру, что, конечно же, сужало методологическую и гносеологическую функцию данного понятия, ограничивая его действия только материальными системами определенного типа. Это, естественно, не позволяло ему рассматривать идеальные и общественные системы как носители подобной ядерной структуры.

Сфероцентрическая модель мира не нова и постоянно воспроизводится учеными на протяжении многих веков, начиная с древности. Эта модель мира является общепризнанной и сейчас. И это не случайно. Действительно, это единственно возможная логически правильная модель, способная удовлетворить одновременно двум условиям — максимальной целостности, связности элементов системы и максимальной экономичности ее структуры, приводящим систему к максимальной устойчивости, физический смысл которой — взаимодействие элементов системы в соответствии с универсальным принципом наименьшего действия. Как могут быть соединены все элементы системы между собой наиболее экономным способом? Это возможно лишь тогда, когда система примет форму сферы и будет иметь центр этой сферы, так как в этом случае расстояние от центра до всех точек окружности является одинаковым.

Этот центр и является основным связующим элементом системы, т. е. посредником во взаимодействии элементов между собой. Одинаковая удаленность от всех точек сферы олицетворяет одинаковую силу взаимодействия ядра системы со всеми другими элементами, а значит, в максимальной степени уравновешивает эти силы взаимо-

действия, что приводит систему в максимально устойчивое состояние, т. е. максимально выполняется требование системообразующего фактора — стремления системы к максимальной устойчивости. В синергетике эта тенденция системы называется аттрактором. Нами было показано, что все закономерности самоорганизующихся систем определяются этим системообразующим фактором[3]. Конечно, элементы системы связаны между собой не только через центр, однако именно на центр приходится наибольшее количество пересечений сил взаимодействия между элементами. Это делает ядро системы наиболее энергетически заряженным элементом, главным местом концентрации энергии системы. Поэтому ядерные силы взаимодействия всегда более сильные, чем силы взаимодействия остальных элементов.

В силу указанных причин — посредническая функция и высокая энергоемкость — ядро системы является ее главным элементом и имеет специфические свойства, на которых мы остановимся дальше. Кроме того, эти же причины делают ядро системы главным элементом и во взаимоотношении ее с внешней средой. Все это определяет и специфическую структуру ядра.

Рассмотренные особенности сфероцентрической модели — максимальные экономность и устойчивость — делают ее универсальной формой существования естественных систем и столь привлекательной для человеческого разума, как высшего уровня развития этих систем. Гештальтпсихологи показали, например, что круг является фигурой, наиболее отвечающей закону прегнантности — простоты при восприятии. И это замечательно, что реальный центр взаимодействующих сил окружности и «психологический» центр при восприятии окружности совпадают. Это говорит как об адекватности отражения человеческим мозгом реального мира («чувствительный прибор»), так и о том, что человеческое восприятие подчинено тем же законам, что и остальной мир. А в неживой природе самым простым примером может служить капля воды, которая всегда стремится принять идеальную сферическую форму.

Таким образом, сферическая модель является моделью максимально упорядоченной системы. Это модель принципа монизма как единства в многообразии, а поэтому она в максимальной степени отвечает и экономии мышления.

Упорядоченность означает симметрию, а максимальной симметрией, как показал П. Кюри, обладает сфера. Поэтому сфера являет-

ся идеальной моделью, к которой стремятся все СС. При такой форме система получает идеальное, максимальное развитие, так как она максимально свободна и ею тратится на развитие максимальное количество энергии. Однако эта форма в действительности трудно достижима, так как она возможна только тогда, когда все элементы собственной симметрии системы совпадают с элементами симметрии среды. В реальной действительности симметрия порождающей среды накладывается на симметрию тела, образующегося в этой среде, в результате форма тела сохраняет только те элементы своей собственной симметрии, которые совпадают, т. е. синхронизируют с наложенными на него элементами симметрии среды. В этом случае ядро системы может быть смещено от центра, но его природа остается прежней.

Согласно диалектике, если части не имеют идеальной симметрии, то ее должно иметь целое, в данном случае Вселенная. И действительно, современная космогония отмечает неоднородность, структурность Вселенной в малом масштабе и однородность в большом масштабе[4]. По мнению И.И. Шафрановского, это наталкивает на идею о шаровой симметрии Вселенной. Он же считает, что вопрос о границе и центре Вселенной был решен еще Б. Паскалем. Согласно Б. Паскалю, Вселенная подобна бесконечно раздвинутой сфере, центр которой находится повсеместно, в любой точке, а окружность не находится нигде — уходит в бесконечность. Симметрия бесконечно протяженной сферы характеризуется еще и тем, что любой ее радиус является трансляцией подобия, поэтому и сама симметрия Вселенной должна характеризоваться симметрией подобия бесконечно протяженной сферы[5].

А теперь приведем несколько примеров использования понятия ядра в различных научных теоретических построениях, с тем чтобы уяснить его семантический смысл и сравнить со смыслом этого понятия в реальных природных самоорганизующихся системах. Сразу же отметим, что трудно найти монографию и даже научную статью, где бы не использовался данный термин.

А.Ф. Грязнов: «Ядро новейшей аналитической философии составляют, как правило, программы и концептуальный аппарат, вырабатываемые в **философии языка**, а «периферию» — другие аналитические дисциплины»[6]. Здесь подчеркивается важность ядра и второстепенность его оболочки, а в целом отражена ядерно-оболочечная конструкция.

Я.И. Свирский: «Внутри синергетики, так же как и внутри лаконовских произведений, присутствует некое несводимое ядро, которое, само будучи невидимым и актуально не прорисованным, обеспечивает возможность синергетического дискурса»[7]. Отражены — внутреннее положение, важность и управленческие функции.

В.П. Кузьмин: «Но если все же попытаться выделить ядро системного подхода, его важнейщие грани, то таковыми, на наш взгляд, следует считать качественно-интегральное измерение действительности. Ибо изучение предмета как целого, как системы... всегда имеет в качестве центральной задачи познание того, что делает его системой и составляет его системные качества, его интегративные свойства и закономерности. Это законы системообразования...»[8]. Здесь ядром являются важнейшие интегрирующие и системообразующие законы, т. е. ядро связывается и с системообразующим фактором системы.

А.И. Уёмов: «Ядром рассматриваемого понятийного аппарата является понятие системы, поскольку применение других понятий, как правило, уже предполагает системное представление об объекте. Использование понятия «система» при характеристике объекта исследования само по себе уже означает в определенном смысле наличие системного подхода к объекту»[9]. Ядро здесь **исходное** понятие и потенциально равное целому.

Л.А. Петрушенко: «В античной философии начинает кристаллизоваться «ядро» проблемы единства...»[10]. Подчеркнут динамический аспект ядра, его возможность развиваться.

В.А. Бажанов: «Понятия «новой квантовой механики» нельзя трактовать буквально: идеи и ключевые принципы в ней фактически те же, во всяком случае, ядро их сохранилось... но качественно изменилась форма их представления»[11]. Ядром здесь являются важнейшие идеи и ключевые принципы; сущность ядра может сохраняться, а его форма изменяться.

В.П. Алексеев: «Данная система представляет собой многоаспектную, многоуровневую целостность, интегрирующим ядром которой является основной вопрос философии и всеобщие законы развития духовного и материального бытия»[12]. Здесь прямо указывается интегрирующая и главенствующая функции ядра в системе, а содержание ядра составляют основные законы.

Л.С. Выготский: «Уже по одному этому мы можем предположить, что составляет самое ядро нашей гипотезы...»[13]. Здесь ядро приравнивается к сущности.

А.П. Журавлев: «Центральная, основная часть значения слова — понятийное ядро. Понятийное ядро окружено оболочкой признакового аспекта значения. Она менее определенна, чем ядро»[14]. Отражена сфероцентрическая модель, где ядро является центральным элементом по положению и основным по функции; кроме того, оно более четкое, чем его оболочка. Оболочка здесь раскрывает сущность ядра, т. е. показана диалектическая связь ядра и его оболочки.

В.П. Троицкий: «По ходу рассмотрения уже были получены и некоторые содержательные характеристики самого ядра, центра всех соотношений»[15]. Подчеркивается центральное положение, главенствующая роль и природа ядра как центра соотношений.

При характеристике структуры экономики некоторые ученые также прибегают к понятию ядра. Например, В. Маевский, используя термодинамический подход к эволюции экономики, отмечает, что внутри экономики формировалось своего рода ядро саморазвития — группа машиностроительных и строительных отраслей, обладающих способностью, с одной стороны, своими совместными действиями воспроизводить в натуре самих себя, а с другой стороны, — создавать орудия труда для других отраслей народного хозяйства[16]. Ядро саморазвития экономики, по его мнению, своей структурой напоминает хромосомногенную структуру ядра живой клетки и в течение конкретного периода времени определяет онтогенез всей экономики, т. е. развитие технологий во всех отраслях народного хозяйства. В пользу этой аналогии он приводит следующие аргументы. Во-первых, ядро саморазвития экономики генерирует импульсы и задает качественные параметры развития всей экономики. Во-вторых, каждая отрасль, входящая в данное ядро, — это аналог хромосомы в живом ядре с той лишь разницей, что отдельная хромосома способна самостоятельно скопировать саму себя, тогда как отдельная отрасль воспроизводит себя только при содействии других отраслей. Здесь мы поправим автора, так как воспроизведение хромосомы происходит также с помощью специального катализатора. В-третьих, каждая машиностроительная или строительная отрасль, входящая в ядро саморазвития, обладает определенным основным и оборотным капиталом. Система элементов основного капитала такой «отрасли-хромосомы», с одной стороны, может рассматриваться как аналог, образующий живую хромосому системы линейно сцепленных генов, а с другой — как вполне определенная технология производства (а значит, и структуры производства) соответственного вида

средств труда, на котором специализируется данная «отрасль-хромосома». В-четвертых, в живом ядре процессы размножения осуществляются через автокатализ и кросс-катализ, в ядре саморазвития экономики действуют аналогичные процессы. В-пятых, структура живого ядра и ядра саморазвития экономики имеет одинаковую форму — матричную. В-шестых, каждая действующая технология, входящая в ядро саморазвития экономики, — это не только способ производства, но одновременно и материальная форма хранения информации о данном способе производства, а воспроизведение этой технологии есть передача информации, передача наследственности.

Как видим, аналогия в данном случае полная. В. Маевский подчеркивает, что это всего лишь аналогия, и, кроме того, передача экономической наследственности всегда осмыслена разумом человека, опосредована его трудом и происходит на основе не физико-химических реакций, а в процессе производства. Но эта оговорка автора, на наш взгляд, не касается самого существа структуры и механизма аналогичных процессов. И более того, тот факт, что структура и механизм саморазвития через ядерные образования столь отдаленных по своей природе процессов тождественны, говорит в пользу их универсальности, всеобщности.

В социальной психологии выделяют ядро коллектива как руководящего и наиболее сознательного элемента группы. Известно также «жесткое ядро» и его «защитный пояс» в теории И. Лакатоса, что говорит о сферической модели теории. И, пожалуй, самыми распространенными фразами в материалистической философии по этому поводу являются мысли о том, что диалектика составляет ядро материалистической философии, а закон единства и борьбы противоположностей является ядром самой диалектики. Высказываний на эту тему можно приводить очень много из различных областей науки, но уже и этих вполне достаточно, чтобы увидеть распространенность использования понятия ядра в научных текстах и его семантическое содержание. Сам факт такой распространенности и, главное, неосознанности смысловой тождественности всех высказываний, говорит об имплицитном логическом императиве в человеческом мышлении, о его принципиальной «сферичности». Суть этого императива та же, что и в естественных системах — стремление к созданию максимально упорядоченной, а значит, и максимально непротиворечивой теоретической системы. Это основной закон мышления, его смысл и цель, это требование системообразующего фактора. В этом и един-

ство, тождество материальных природных и идеальных мыслительных СС.

Если обобщить смысл всех отдельных высказываний, то мы получим следующий ряд характеристик понятия «ядро». Оно занимает центральное положение в сферической модели системы; вокруг ядра существует его оболочка, состоящая из отдельных понятий, более низкого уровня обобщений; ядро — главный, важнейший, сущностный элемент, а поэтому имеет функцию обобщения, интегрирования, управления, т. е. функцию главного посредника во взаимоотношениях между элементами системы; ядро возникает и развивается; оно имеет связь с системообразующим фактором.

Как мы убедились, сущность ядра и его функции в СС различной природы одинаковы, различны только формы, определяемые уровнем развития системы. Это не просто аналогия, в ее основе лежит единая физическая сущность — перераспределение энергии и информации в соответствии со вторым законом термодинамики и принципом наименьшей затраты энергии. Менее всего отмечается связь понятия ядра с понятием системообразующего фактора, что, на наш взгляд, объясняется несформированностью самого понятия «системообразующий фактор». Мы хотим подчеркнуть, что из всех отмеченных характеристик ядра, главной, определяющей, составляющей его сущность, если хотите, ядерной, является функция посредника, катализатора, облегчающего взаимодействие элементов и делающего тем самым систему более устойчивой. Все другие характеристики — производные от этой функции.

Ядро системы есть синтез противоположностей — целого и его частей и поэтому потенциально равно целому и содержит в себе, как всякий синтез, общее этих противоположностей. Следовательно, ядро, как диалектический синтез противоположностей, является неизбежным компонентом любой СС. В теоретических системах оно возникает с появлением первой, исходной СС — понятия числа. И первой формой ядра как посредника, катализатора, диалектического синтеза есть **граница**, так как она является синтезом того, что внутри границы, и того, что вне ее. Граница, как отмечает А.Ф. Лосев, есть первый синтез бытия и небытия[17]. С этой исходной формы начинается формирование любого ядерного элемента, ибо он возникает всегда на границе взаимодействующих сторон, элементов. Яркими примерами могут быть возникновение живого на границе взаимодействия планеты Земля и Космоса, техники как посредника во взаимо-

действии человека и природы, второй сигнальной системы в психике человека, которая также служит посредником взаимоотношений между людьми.

Ядро системы может иметь различные формы в зависимости от природы самой системы. Оно может быть конкретным вещественным элементом — ядро клетки, руководитель организации, «пустым» пространством в вихре воздушной или жидкой массы, мыслью, идеей в теоретической системе, волной и даже виртуальной частицей. Но какую бы форму не принимало ядро, сущность его остается неизменной.

В связи с данным положением понятия ядра можно отметить имеющийся в научной практике парадокс — все исследователи интуитивно используют это понятие, более того, не могут его не использовать, если речь идет о системе, целом, его структуре и элементах, и в то же время это понятие не входит в перечень общенаучных понятий ситемного подхода, синергетики и философских категорий. Мы считаем, что пора воздать должное этому понятию и определить его статус в системе научных понятий. На наш взгляд, степень распространенности во всех науках, включая философию и связанный с нею уровень обобщенности, позволяет отнести его к общенаучным понятиям.

Эвристическая роль понятия ядра системы, как показал наш анализ, вполне очевидна и возведение его в статус общенаучных понятий позволит сделать понятийную систему более упорядоченной и целостной. По-видимому, сама логика научного познания подготовила данный этап в развитии системы научных понятий, так как с введением понятия «ядро системы» сама система понятий приобретает свое ядро и становится более целостной, имеющей ядерно-сферическое строение и, следовательно, более законченной. Например, с введением этого понятия приобретает большую конкретность и целостность понятие иерархия элементов.

Кроме того, введение понятия ядра системы снимает и противоречие между двумя взглядами философов на природу механизма регуляции естественных и искусственных систем. Все признают, что этот механизм есть часть системы, которая ответственна за самоорганизацию. Противоречие возникает при попытке определить физическую сущность этого механизма. Одни считают, что этот регуляторный механизм имеет материальное воплощение как элемент системы. Согласно мнению других, этим механизмом может быть какой-нибудь закон, которому следует система, например, неорганической природы.

Исходя из развиваемой нами концепции, противоречия здесь нет. Первая позиция возникла из рассмотрения СС более высокого порядка — живых организмов и общества, где материальная представленность механизма управления более очевидна, наглядна, хотя и здесь нет единого мнения. Мы уже отмечали позицию Б.М. Кедрова по этому поводу. Но, например, и синергетик-философ А.С. Щербаков, который, неоднократно отмечая неизбежность возникновения «зон нуклеации» при образовании СС, в то же время пишет: «В минерально-кристаллических образованиях нет структурно-локализованного регулятора, как, впрочем, нет его и во многих живых системах». И далее: «Итак, мы убеждаемся в том, что отсутствие структурно-локализованного, специализированного органа управления не исключает самоорганизации кристаллических систем. Для кристаллических образований характерна информационная обратная связь. К их функционированию применимо понятие "использование информации"»[18].

А.С. Щербаков, таким образом, допускает отсутствие локализованного структурно-материального центра у некоторых животных и допускает возможность информационной обратной связи без такого центра. Вместо него он вынужден вводить общее понятие «использование информации», которое ничего не объясняет, так как любая обратная связь и тем более основанная на структурно-материальном регуляторе происходит с использованием информации. Применение понятия ядра системы в указанном нами смысле все затруднения снимает. Ядро возникает всегда и на границе взаимодействия системы со своей средой и служит катализатором этого взаимодействия. И оно может иметь, как уже отмечалось, различную форму. Так называемый «рассеянный» регулятор или регулятор-закон означает, что в данной системе регулятором, ядром является какой-нибудь наименее устойчивый в данный момент элемент, где и локализуется временно доминантный очаг возбуждения.

Таким образом, ядро возникает с неизбежностью при развитии системы и является результатом дифференциации и иерархизации, их предельным выражением, когда составляющие систему элементы поляризуются, разделяются на противоположности по функциям. Ф. Энгельс указывал, что «в органической жизни образование клеточного ядра надо рассматривать тоже как явление поляризации живого белкового вещества»[19]. «Многократно доказано, — отмечает А.Н. Аверьянов, — и действительность непрерывно дает тому практическое подтверждение, что дифференциация элементов в системе

неизбежно приводит к образованию противоположных подсистем, каждая из которых объединяет элементы, обладающие функциональными качествами, противоположными качествам элементов другой системы»[20]. Однако это не одномоментный акт, ядро начинает формироваться с возникновением системы. «Когда новая структура возникает в результате конечного возмущения, флуктуация, приводящая к смене режимов, не может сразу «одолеть» начальное состояние. Она должна сначала установиться в некоторой конечной области и лишь затем распространиться и «заполнить» все пространство. Иначе говоря, существует механизм нуклеации», — пишут И. Пригожин и И. Стенгерс[21]. В синергетике ядра систем обозначаются как центральные части структуры-аттрактора, описываются инвариантными решениями, в которых весь эволюционный процесс представлен в свернутом виде. Как отмечают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов, «все стадии развертывания процессов в открытой нелинейной среде, все стадии эволюции структур как бы останавливаются и схватываются в инвариантных решениях. Зная, как перейти от инвариантных решений к реальным переменным, мы можем вновь развернуть увязанные в инварианты пространство, время и архитектуру структуры». И далее: «Информация о прошлом сложной системы часто содержится в центральной ее части. Последняя является наиболее древней частью...»[22]. Как видно из данного высказывания, история системы отражается, записывается в ее ядре. Не только записывается, но и воспроизводится. Ярким примером этой двуединой функции является ядро половой клетки, в которой фиксирован в свернутом виде филогенез живой системы и из которой разворачивается ее онтогенез.

Физический (энергетический) смысл поляризации системы и, следовательно, образования ядра в процессе ее развития заключается в упорядочивании энергии согласно второму началу термодинамики, что может достигаться единственно возможным способом в данных условиях — установлением равновесия внутри системы, а следовательно, и ее устойчивости, которое можно получить только раздвоением. Системообразующий фактор — «виновник» образования ядра системы. Если взять более широкий контекст — СС и внешняя среда, то и здесь мы будем иметь раздвоение, где СС выступает ядром по отношению к внешней среде. Полярность есть проявление целостности и асимметричности мира, его внутренней противоречивости. Если в одном месте происходит упорядочивание элементов, концентрация энергии, то, следовательно, в другом происходит нарастание

хаоса, рассеивание энергии, одно может происходить только за счет другого.

Ядро является высшим уровнем в иерархии системы, так как, во-первых, в его организации, структуре отражена вся история развития системы, во-вторых, ядро определяет взаимодействие всех остальных частей системы и взаимодействие с внешней средой. Б.М. Кедров отмечает: «Во всех случаях, когда обнаруживалось существование центрального ядра при изучении того или иного объекта природы, значение этого ядра для данного объекта неизменно оказывалось принципиально важным, нередко даже решающим. Это касается не только функционирования данного объекта как уже сложившейся системы, но и его генезиса, его происхождения»[23]. С энергетической точки зрения, в силу указанных причин ядро — наиболее энергетически емкая структура, это своеобразный накопитель энергии, который энергетически уравновешивается всеми остальными элементами системы. Так, например, если ядро атома полностью лишено своих электронов, то оно способно последовательно восстановить всю структуру атома, извлекая электроны из окружающей среды. Возникновение нашей Солнечной системы также связано с тем, что материал для образования планет возник в результате вещественного излучения Солнца, как будущего центрального светила. Подобная картина, как указывает Б.М. Кедров, обнаруживается и в области биоорганической химии. Основное ядро или костяк сложного биоорганического соединения достраивает периферические, наружные части молекулы, образуя готовую молекулу соответствующего вещества.

Ядерные силы взаимодействия — наиболее мощные из всех сил взаимодействия в системе. Примером могут служить внутриядерные силы атома, главновалентные связи в молекулах ДНК, связи, образующие нервную систему, энергетические возможности руководства государства как ядра общества, внутриядерные силы звезд и т. д. В.А. Энгельгард пишет, что первичная структура полимерной молекулы создается главновалентными связями химического сродства, обладающими большой прочностью. Кроме того, именно первичная структура и задает направление дальнейшего развития в соответствии со вторым законом термодинамики. По словам В.А. Энгельгарда: «Условия возникновения такого рода связей (более высокого уровня) заложены в первичной химической структуре, которая содержит информацию, управляющую возникновением последующих ступеней структурной организации». И далее: «Зная все энергетические

параметры, характеризующие макромолекулу в соответствии с ее первичной структурой, в принципе возможно предсказать, какую пространственную конфигурацию она примет, будучи предоставлена сама себе»[24]. О главенствующей роли ядра говорит и тот факт, что с его уничтожением система не может восстановиться, а при уничтожении отдельных других элементов восстановление возможно. Известно также, что если система находится в режиме «голодания», то в первую очередь «съедаются» другие части и в последнюю погибает ядро. Например, в каталитической саморазвивающейся системе в условиях «голодания» в первую очередь распадается кинетическая часть[25]. Хорошо известно, что управляющим центром клетки служит ядро, которое в рабочую часть клетки — цитоплазму — посылает приказы, определяющие прямо или косвенно, что нужно синтезировать, в каких количествах и каким образом.

Таким образом, ядро является последним уровнем, обеспечивающим и отражающим самую низкую стабильность системы, ее устойчивость, существование. Более низкой устойчивости просто не существует, так как система разрушается с разрушением ядра. Ядро — это начальное (первичное) структурное отображение системообразующего фактора.

Теперь рассмотрим кратко основные качества ядер-катализаторов СС различной природы. Эти качества вытекают из роли данных элементов системы, которая, как уже отмечалось, требует от них способности быть в максимальном сродстве, взаимодополнительности к взаимодействующим элементам. Это означает, что ядро-катализатор обладает одновременно, с одной стороны, гибкостью, лабильностью, чтобы подстраиваться к различным элементам, т. е. вступать с ними во взаимодействие, и, с другой стороны, устойчивостью, чтобы сохранять эту гибкость и быть способным ее развивать, что возможно лишь при сохранении положительного опыта. Эти противоречивые качества могут совмещаться только при иерархическом строении катализатора, где устойчивость обеспечивается за счет прочных энергетических связей в центре катализатора, которые постепенно сменяются все менее прочными, обеспечивающими лабильность ядра-катализатора.

В химической эволюции поэтому был отбор тех «продуктов, которые получались относительно большим числом химических путей и обладали широким каталитическим спектром», что возможно лишь при условии если эти продукты содержали «широкий набор энерге-

тически неоднородных связей или даже свободные атомы на поверхности»[26]. Неоднородность связей и означает их иерархичность.

Подобное строение катализатора обеспечивает ему возможность структурного и энергетического соответствия реагирующим компонентам. Рассматривая химическую эволюцию, В.И. Кузнецов отмечает, что в ходе ее отбирались элементы, способные к образованию, во-первых, достаточно прочных и, следовательно, энергоемких химических связей и, во-вторых, связей лабильных. Этим требованиям отвечает углерод, который и был отобран из многих других элементов как органоген № 1. «Он, как никакой другой элемент, — пишет В.И. Кузнецов, — способен вмещать и удерживать внутри себя самые редкие химические противоположности, реализовать их единство, выступать в качестве носителя внутреннего противоречия»[27]. Таким образом, химические катализаторы обладают качествами устойчивости и гибкости. Но эти качества действительно имеют и ядра-катализаторы других СС, что мы сейчас и покажем.

Рассмотрим человека как СС. В нем пересекаются два уровня систем — биологический и социальный. В человеке как представителе биологического рода ядром является нервная система, она является посредником между организмом и внешней средой. Это ее положение привело к развитию большой чувствительности нервных клеток к самым различным внешним раздражителям. Эволюция нервной системы шла в направлении, с одной стороны, к все более широкому и тонкому восприятию внешнего мира за счет дифференциации нервных клеток и повышения их чувствительности, а с другой стороны, к интеграции этой разнообразной информации и развитию нервных клеток, выполняющих ассоциативную роль, устанавливающих связи между клетками первичной переработки информации, что находит отражение в прогрессивном увеличении ассоциативных зон коры мозга на последних этапах эволюции. Эти особенности нервной системы позволяли живым существам более быстро и тонко приспосабливаться к внешней среде, т. е. делали поведение более гибким.

Нервная система на уровне человека достигла высшего развития этих качеств. Человек способен к самому быстрому и наиболее широкому образованию нервных связей, а значит, и максимально возможному для биологических систем сродству с внешней средой, ее отражению. Здесь мы даже не имеем в виду социальную «прибавку» в работе нервной системы — речь и абстрактное мышление, которые во много раз увеличили эти качества. Речь идет о нервной системе.

Это наиболее чувствительное звено, которое приняло на себя функцию чувствовать за целое. Именно чуствительность нервных клеток, как и химических катализаторов, делает их открытыми к установлению широких связей, а высокий уровень организации увеличивает скорость образования этих связей.

Исходя из данных особенностей нервной системы человека и с учетом социальной «прибавки» к ее возможностям, становится понятной и роль ядра-катализатора в биосфере, которую играет вид Homo sapiens и человечество в целом. Среди представителей других биологических существ человек в большей степени отвечает требованиям, предъявляемым к свойствам ядер-катализаторов, — максимальной гибкости и устойчивости. Очень характерно, что эти качества у представителей эволюционной линии человеческого рода как ядра биосферы формировались в соответствии с правилом происхождения от неспециализированных предков, сформулированное Э. Копом. Согласно этому правилу, новые группы берут начало не от высших представителей предковых групп, а от сравнительно неспециализированных. Например, млекопитающие, к которым относится и человек, возникли не от высокоспециализированных форм рептилий, а от неспециализированных, находящихся в достаточно жестких условиях борьбы за существование. Причина действия этого правила заключается в том, что отсутствие специализации определяет возможность возникновения новых приспособлений принципиально иного характера, т. е. возможность ароморфоза. «Высокая потентность неспециализированных групп в эволюции, — отмечают А.В. Яблоков и А.Г. Юсуфов, — определяется разнообразной борьбой за существование, которую они вынуждены вести»[28]. Но усложнение и разнообразие условий существования как раз и требует формирования поведенческой гибкости, т. е. качеств катализатора за счет появления и развития соответствующих структур, и в первую очередь нервной системы, обеспечивающих эти качества. И в этом суть ароморфоза, который к тому же обладает и эволюционной стойкостью возникших морфофизиологических изменений.

Указанные выше качества нервной системы человека, соответствующие требованиям катализатора, и позволили именно ему подняться на более высокую эволюционную ступень, стать более развитым ядром всей биосферы. Таким образом, согласно эволюционной теории Ч. Дарвина, выживают наиболее приспособленные к внешней среде, а значит, наиболее гибкие, изменчивые в поведении. Но изменчи-

вость — признак ядерного элемента системы. Следовательно, можно сделать вывод о том, что вся биологическая эволюция живого и биосфера в целом шла в направлении формирования своего ядра, и таким видом стал именно человек как наиболее гибкий из всех известных. Это вслед за Спинозой подчеркивал Э.В. Ильенков: «*Человек же — мыслящее тело — строит свое движение по форме любого другого тела... Способность активно строить свое собственное действие по форме любого другого тела,* активно согласовывать форму своего движения в пространстве с формой и расположением всех других тел Спиноза и считает отличительным признаком мыслящего тела, специфической чертой того действия, которое называется «мышлением», "разумом"»[29]. Следовательно, замечает Э.В. Ильенков, собственная, специфическая форма действия мыслящего тела заключается в *универсальности*. Эти свойства обусловлены тем, что человек выступает как высшее единство предшествующих этапов и форм развития материи в обозримой нами Вселенной, как наиболее развитое и богатое по содержанию творение естественного хода вещей в природе. Эти качества и позволяют человечеству вовлекать все больший объем вещества и энергии в технологический круговорот. Показателен и тот факт, что общая масса человечества, как ядра биосферы, составляет примерно 0,0002% общей массы живого вещества на планете, т. е. информация о процессе развития биосферы как СС упакована в очень малом объеме ядерного элемента системы.

Важнейшим этапом в усложнении и увеличении разнообразия условий жизни в эволюционной линии человеческого рода является становление социальной формы жизни наших далеких предков. С ее возникновением начинает действовать механизм положительной обратной связи в развитии вида, и социальная форма жизни становится ведущим фактором разнообразия и усложнения среды обитания отдельной особи. Отметим, что поведение членов сообщества является наиболее сложным, разнообразным из всего окружения, к которому нужно приспосабливаться, и эта сложность становится важнейшим фактором эволюции, которая в конечном счете и приводит к возникновению человеческого языка и сознания. Таким образом, с возникновением социальной формы жизни важнейшие факторы эволюции переносятся в само сообщество, т. е. внутрь самого ядра.

Отметим еще один важный момент. Прогрессивному развитию способствует обитание эволюционирующей группы в пограничной зоне, за пределами которой находятся новые и богатые пищей ниши,

т. е. и в биологической эволюции катализатор возникает на границе сред, так как граница является сложной, разнообразной зоной существования. Говоря о формировании ядра биосферы, мы имеем в виду всю эволюционную линию, ведущую к возникновению человека, а не только его вид. С появлением человека, по-видимому, начался завершающий этап в формировании ядра биосферы. Этот процесс не достиг еще своего конца, так как человечество еще не «впитало» в себя всю информацию о закономерностях процессов в его среде — биосфере, что является одним из критериев сформированности ядра и зрелости всей системы. С момента своего возникновения человечество все больше и больше влияет на весь процесс развития биосферы. Мы являемся свидетелями грандиозного и во многом стихийного вмешательства в биосферу. Эта стихийность и есть отражение незрелости ядра и всей системы биосферы. Согласно принципу необходимого разнообразия Эшби, в сложных СС сложность регулятора должна быть не ниже сложности самой регулируемой системы, а ядро и является регулятором. В роли ядра биосферы мы видим эволюционный смысл человечества.

На уровне социальных систем различной величины и сложности мы также можем наблюдать у их ядер-катализаторов требуемые качества. Так, ядром любого предприятия как СС является ее руководитель. Многочисленные социологические и психологические исследования показали, что большинство хороших руководителей являются гибкими в поведении с другими людьми, способны перерабатывать большой объем различной информации и быстро принимать адекватные решения; восприимчивы к новому, творчески мыслящие, эмоционально устойчивы и работоспособны. Эти качества имеют природную основу — указанные выше особенности нервной системы, которые в большей мере развиты у представителей сангвинического темперамента, составляющих основной корпус руководителей. Наличие этих качеств позволяет руководителю эффективно устанавливать необходимые отношения с другими людьми и быстро адаптировать организацию к изменениям внешних условий. Опыт показал, что гибкий стиль руководства более эффективен. Особенно это актуально в современную эпоху, когда скорость развития общества резко увеличивается, а значит, быстро меняется обстановка, условия существования конкретной общественной системы, предприятия.

Легко понять, что эти же требования предъявляются не только к отдельным личностям-руководителям, но и к целым коллективам-орга-

низациям как субъектам управления, например, правительству, которое является ядром-катализатором государственной системы. Действительно, если рассмотреть структуру правительства развитого современного государства, то мы увидим систему подразделений, обеспечивающих именно эти качества. Наличие министерств, их количество позволяет более адекватно отражать общественную жизнь, а существование аналитического аппарата увеличивает скорость и адекватность в принятии решений, что и позволяет в конечном счете быть в сродстве ядра и его среды в общественной СС. В этом направлении и происходит развитие структуры правительств. Исторический опыт убедительно показал, что более эффективным является демократическое устройство государства, при котором требуемые качества к руководству страной как к ядру системы в большей мере могут развиваться, чем, например, при тоталитарной системе.

Если взять науку в целом как СС, то ядром-катализатором здесь является философия, что и закреплено в ее методологическом статусе для частных наук, поскольку она изучает наиболее общие закономерности природы, общества и мышления, ищет универсальные принципы их взаимосвязи. Кстати, на наш взгляд, сегодня уже не актуально такое деление действительности. Чтобы выполнить свою задачу, философия должна устанавливать предельно широкие и глубокие связи между явлениями, а это и означает максимально полное отражение действительности, ее сродство с ней. Следовательно, философия имеет те же свойства ядра-катализатора, как и ядра-катализаторы других систем, и естественно, что ими должны характеризоваться интеллектуальные способности ученого философа. Более подробно этот вопрос мы рассмотрели в другой работе[30].

Итак, краткий анализ показал не только наличие общих свойств у катализаторов СС различной природы, но и наличие генетической преемственности в передаче и развитии этих качеств от химических ядер-катализаторов к биологическим и далее к социальным, т. е. имеет место единая, сквозная эволюционная линия развития ядра-катализатора в эволюции материи. А.С. Щербаков, анализируя различные концепции биогенеза, отмечает, что во всех теориях в качестве конечной точки выступает момент формирования редуплицирующегося генного механизма. Проведенный нами анализ позволяет понять отмечаемый А.С. Щербаковым факт как вполне закономерный.

Развитие химического катализатора привело к возникновению ДНК — ядру-катализатору билогических систем, развитие же требу-

емых качеств в эволюции ДНК закончилось появлением нервной системы человека как посредника между организмом и внешней средой. Эти же качества, развитые в нервной системе, стали основой появления социальной системы, как новой формы катализатора, ядра уже всей биосферы, что в свою очередь резко увеличило дальнейшую эволюцию этих качеств. Возможно, что шел естественный отбор руководителей различных общественных систем, что способствовало развитию необходимых качеств и нервной системы. Сейчас биологи утверждают, что дальнейшая эволюция нервной системы человека невозможна, так как исчерпаны все генетические резервы. Кроме того, ускоренное развитие общества требует и более интенсивного развития необходимых качеств, что является также скоростным препятствием для эволюции нервной системы, кинетическим пределом в ее развитии. Из изложенного естественно предположить, что выход из данной ситуации лежит в развитии принципиально новой формы ядра-катализатора, не связанной с биологической природой. Этой новой формой, на наш взгляд, являются технические системы, создаваемые человеком для расширения своих психобиологических возможностей. Таким образом, эволюция ядра-катализатора сводится к развитию отмеченных его качеств и находится в отношении положительной обратной связи с эволюцией всей СС как целого. Здесь необходимо подчеркнуть, что, рассматривая эволюцию ядра биосферы как единую линию, мы ни в коей мере не имеем в виду линейный характер данного процесса. Древо эволюции живого имеет, наоборот, ветвистую форму, что говорит о нелинейном характере формирования эволюционной ветви человека, о закономерной роли случайности в этом процессе, о периодических сдвигах линии развития на периферию.

В зависимости от уровня развития системы качество энергии (т. е. ее форма) ядра различно, с увеличением уровня увеличивается качество энергии, изменяется ее форма. Так, в эволюции химических систем энергия ядра системы возрастает с ростом массы атомного ядра, в развитии биологических систем энергоемкость ядра определяется степенью его организованности, упорядоченности, иерархичности.

Так как образование ядра является следствием дифференциации системы, то и первоначальной основой его возникновения является исходное различие тождественных по сути элементов системы. Это различие касается степени энергетической заряженности элементов. Чем она выше, тем больше шансов у этих элементов образовать яд-

ро системы. Кроме величины энергии элемента, в образовании ядра большое значение имеет и пространственное расположение элемента на момент образования системы. Чем ближе к центру окажется элемент с высокой энергетической заряженностью, тем больше у него шансов, по сравнению с подобными элементами, образовать ядро системы. Играет значение и время — если в систему попал элемент, превосходящий другие по энергетическому потенциалу, но к этому времени ядро уже начало формироваться, то его шансы уменьшаются. Все будет зависеть от сформированности ядра к этому времени, а значит, и его энергетического потенциала. Все три отмеченные условия и определяют вероятность образования из этих элементов ядра системы. Но причина образования ядра остается все той же — системообразующий фактор, стремление СС к максимальной устойчивости.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Режабек Е.Я.* Капитализм: проблема самоорганизации. Ростов, 1993. С. 72.

[2] *Кедров Б.М.* Классификация наук. М.,1985. С. 358.

[3] *Поддубный Н.В.* Синергетика: диалектика самоорганизующихся систем. Ростов-Белгород, 1999.

[4] *Новиков И.Д.* Эволюция Вселенной. М., 1990. С. 13.

[5] *Шафрановский И.И.* Симметрия в природе. М., 1985. С. 154.

[6] *Грязнов А.Ф.* Аналитическая философия. М., 1993. С. 5.

[7] *Свирский Я.И.* Синергетика смысла, или смысл синергетики // Онтология и эпистемология синергетики. М., 1997. С. 80.

[8] *Кузьмин В.П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М., 1986. С. 331.

[9] *Уёмов А.И.* Системный анализ как одно из направлений опосредованного применения диалектики в научном познании // Диалектика и системный анализ. М., 1986. С. 64.

[10] *Петрушенко Л.А.* Единство системности, организованности и самодвижения. М., 1975. С. 6.

[11] *Бажанов В.А.* Наука как самопознающая система. Казань,1991. С. 41.

[12] *Алексеев В.П.* Наука и мировоззрение. М., 1983. С. 154.

[13] *Выготский Л.С.* Соб. соч. Т. 2, М, 1982. С. 221.

[14] *Журавлев А.П.* Звук и смысл. М., 1991. С. 28.

[15] *Троицкий В.П.* Математика Алексея Лосева // *Лосев А.Ф.* Хаос и структура. М., 1997. С. 817.

[16] *Маевский В.* Экономическая эволюция и экономическая генетика // Вопросы экономики. 1994. № 5. С. 16.

[17] *Лосев А.Ф.* Хаос и структура. М., 1997. С. 72.

[18] *Щербаков А.С.* Самоорганизация материи в неживой природе. М., 1990. С. 78, 81.

[19] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соб. соч., т. 20. С. 526–527.

[20] *Аверьянов А.Н.* Системное познание мира. М.,1985. С. 144–145.

[21] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986. С. 248.

[22] *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1994. С. 97–98.

[23] *Кедров Б.М.* Классификация наук. М., 1985. С. 359.

[24] *Энгельгардт В.А.* Познание явлений жизни. М., 1984. С. 198–199.

[25] *Руденко А.П.* Теория саморазвития открытых каталитичесих систем. М., 1969. С. 169.

[26] *Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н.* Естествознание. М., 1996. С. 219, 245.

[27] Там же. С. 242.

[28] *Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение. М., 1976. С. 226.

[29] *Ильенков Э.В.* Диалектическая логика. М., 1974. С. 34.

[30] *Поддубный Н.В.* Наука как самоорганизующаяся система знаний. Белгород, 2001.

Часть III

НА ПУТИ К ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

Э.Н. Мирзоян

СТРАТЕГИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

Выдающийся биолог-теоретик Л. фон Берталанфи, столетие со дня рождения которого было отмечено в 2001 г., оставил глубокий след в естествознании и философии. Его первые шаги в науке совпали с эпохой преобразования теоретических основ физики, химии и биологии. Он смело берется за построение теоретической биологии и биологической картины мира. Одновременно он создает новую методологию науки — общую теорию систем.

Для становления современной теоретической биологии важное значение имела критика Берталанфи эпистемологии логического позитивизма, которая, по справедливому его замечанию, «была детерминирована идеями физикализма, атомизма и «камерной теорией» знания». Берталанфи имел смелость заявить: «С современной точки зрения они устарели»[1]. Конечно, он не предлагал совершенно отказаться от редукционизма, понимая, что это невозможно и неправильно. Хотя системная эпистемология глубоко отличается от эпистемологии логического позитивизма и эмпиризма, она, по признанию Берталанфи, «во многом и разделяет их научную позицию». Однако биология вплотную подошла к проблемам, решить которые прежними способами оказалось невозможно. Это понимал, конечно, не один Берталанфи, но ему удалось выразить мысль в самой общей форме: «Ни физикализм, ни редукционизм, которые требуют сведения исследовательского предмета путем простой «редукции» к элементарным составляющим, подчиняющимся законам традиционной физики, не могут считаться адекватными способами анализа проблем и способами мышления современной биологии бихевиоральных и социальных наук» [2].

Аналитическая процедура классической науки, базирующаяся на разложении объекта на составляющие элементы и представлении об однолинейных причинных связях, перестала удовлетворять теоретическую биологию. Берталанфи настаивал на том, что «исследование организованных целостностей со многими переменными требует новых категорий — взаимодействия, регулирования, организации, те-

леологии», а это, в свою очередь, «ставит много новых проблем, относящихся к эпистемологии, математическому моделированию и аппарату»[3].

В разработке проблемы порядка, или организации, Берталанфи выделял две принципиальные идеи: идущую от Декарта и Ламетри идею организма-машины и идущую от Дарвина интерпретацию порядка как результата случайных процессов. Высоко оценивая идею естественного отбора, он напомнил, что «интерпретация порядка (организации) организма как результата случайных событий сделала возможным концептуальное объединение огромного фатического материала, охватываемого «синтетической теорией эволюции», включающей молекулярную генетику и биологию». И все же это были, по оценке Берталанфи, лишь «частные успехи»: «Коренные вопросы оставались без ответа»[4].

Вскрывая внутреннее противоречие в концепции эволюции «машин» как результата случайных событий, настаивая на том, что принцип выживания наиболее приспособленных приводит к кругу в доказательстве, Берталанфи писал: «Ручные часы или нейлоновые чулки, как правило, не появляются в природе в результате случайных процессов, а митохондрические «машины» энзиматической организации в самых простых клетках или молекулах нуклеопротеидов несравнимы по сложности с часами или простыми полимерами синтетического волокна»[5]. Чтобы выжить в конкурентном соревновании, гомеостатические системы уже должны существовать, но подобное утверждение «не выводится из известных физических законов»; согласно второму закону термодинамики, организованные системы, в которых протекают необратимые процессы, должны стремиться к наиболее вероятным состояниям, т. е. к деструкции порядка и распаду. Неовиталистические взгляды Дриша и Бергсона опирались, по мнению Берталанфи, на более совершенную аргументацию, в основе которой лежало представление о пределе возможной регуляции в «машине». Однако неовиталисты оставались в пределах аристотелевского понятия энтелехии и вынуждены были апеллировать «к сверхчувственному «фактору» организации»[6].

Именно организацию как фундаментальный признак живого Берталанфи избрал исходным пунктом при создании общей теории систем. Традиционные способы исследования отдельных частей и процессов не могли дать полного описания явлений и не содержали информации о координации частей и процессов в составе целостной

биологической системы. Берталанфи решил, что «главной задачей биологии должно стать открытие законов, действующих в биологических системах (на всех уровнях организации)»[7]. Для достижения этой цели он выработал методологический подход, названный им «организмической биологией». В нем он усматривал предпосылку к созданию современной теоретической биологии. Успех на этом пути должен был повлиять на все естествознание. «Можно верить, что сами попытки обнаружить основания теоретической биологии указывают на фундаментальные изменения в картине мира», — пророчески указывал Берталанфи[8]. Перебрасывая мост от теоретической биологии к естествознанию, он прямо сказал, что «организмическая программа явилась зародышем того, что впоследствии получило известность как общая теория систем»[9].

«Организмическая биология» как методологический подход была использована и в более узкой области — «при концептуальном объяснении жизненных явлений», выступая в этом случае как «системная теория организма»[10].

Таким образом, усилия, направленные на создание концепции организма, вызвали к жизни системную теорию организма Берталанфи, а созданная им организмическая программа и выработанный методологический подход в виде «организмической биологии» были использованы для обнаружения оснований теоретической биологии. Эту линию развития теоретической мысли в биологии Берталанфи проницательно увязал с предстоящими фундаментальными изменениями в научной картине мира. Выросшая из движения прежде всего биологической мысли общая теория систем значительно расширила сферу воздействия биологии на картину мира. Живое не укладывалось в систему мира, работающую с точностью часового механизма. Дарвин нанес ей чувствительный удар. Однако выводы Дарвина касались лишь живого мира. *Механической картине мире следовало противопоставить другую методологию построения картины мира. Такую методологию содержала общая теория систем Берталанфи.* На смену прямолинейности, однозначности, картине движения по раз и навсегда определенным траекториям, исключающей нарушение существующих отношений между элементами системы, эволюционное преобразование элементов, пришла картина сложного переплетения разнообразных процессов, неоднозначности результатов взаимодействия элементов, стохастичного их поведения, динамичного взаимовлияния целого и частей. Эта картина не была порождением чистой

абстракции, за ней стоял обширный разнообразный опыт биологии. Вскрываемое биологией тесное взаимодействие структур, функций, процессов, протекающих на разных уровнях организации, обратная связь между процессами, между процессами и структурами, наконец, возможность эволюционного преобразования биологических систем — все это не укладывалось в принципы существовавшей логики науки (логического позитивизма). Биология показала, что простой суммацией свойств и действий компонентов невозможно выразить свойства и способы действия целостной живой системы. Высшие уровни могут быть выведены в том случае, если известен ансамбль компонентов и существующие между ними отношения.

Учитывая опыт биологии и подводя итоги дискуссиям, порожденным парадоксом Аристотеля — «целое больше суммы составляющих его частей» — и редукционизмом, Берталанфи сформулировал следующий принцип: «Для того чтобы понять организованную целостность, нужно знать как компоненты, так и отношения между ними»[11]. По его наблюдениям, этот принцип не вызвал энтузиазма: «Такая постановка проблемы приводила к существенным трудностям, поскольку «нормальная наука», в терминологии Т. Куна (т. е. традиционная наука), была мало приспособлена заниматься «отношениями» в системах»[12]. Методологическая неподготовленность приводила к тому, что «системные» проблемы, насчитывавшие многовековую историю, оставались «философскими» и не становились «наукой». С этой ситуацией Берталанфи столкнулся еще в 1937 г., когда впервые на семинаре по философии в Чикагском университете изложил свою общую теорию систем. Объясняя, почему он вынужден был после этого спрятать свои наброски в ящик стола, ученый писал: «Но в то время теоретическое знание... пользовалось плохой репутацией в биологии, и я опасался того, что математик Гаусс однажды назвал «крикливостью»...»[13]. И через десять лет, когда Берталанфи, наконец, опубликовал проект общей теории систем, идея его концепции была встречена, по его собственному признанию, заговором молчания.

На пути концепции стояла парадигма классической науки, фундаментом которой служили «однолинейная причинность и расчленение предмета исследования на элементарные составляющие». Расчищая путь новой парадигме, А. Лотка, У. Росс Эшби, В. Вольтерра и Берталанфи создали «каркас «динамической» теории систем и дали математическое описание системных параметров (целостность, сумма, рост, соревнование, аллометрия, механизация, централизация, фи-

нальность, эквифинальность и т. п.) на базе системного описания при помощи одновременных дифференциальных уравнений»[14]. В общую теорию систем Берталанфи вошли: теория открытых систем, теория управления, принцип обратной связи, теория динамического «текучего» равновесия.

Системный подход подготовил почву для координации и объединения усилий ряда дисциплин, включая вновь возникающие области знания, в интересах самого широкого междисциплинарного синтеза в пределах естествознания и науки вообще. Оправдывая эту установку, Берталанфи ввел понятие «логических гомологий» как инструмента такого синтеза. Он полагал, что «системные законы» проявляются в виде аналогий, или «логических гомологий», законов, представляющихся формально идентичными, но относящихся к совершенно различным явлениям или даже дисциплинам»[15]. Системный подход выглядел с этой точки зрения как набор теорий, дисциплин и методов. Называя выражение «подходы» рыхлым и относя сюда модели, математические аппараты, новые теории и понятия, Берталанфи заключил: «Системно-теоретические подходы включают общую теорию систем (в узком смысле), кибернетику, теорию автоматов, теорию управления, теорию информации, теорию множеств, теорию графов, теорию сетей, реляционную математику, теорию игр и решений, вычислительную математику, моделирование и т. п.»[16].

Поиск ответа на вопрос, что понимать под «системой» и как системы реализуются на разных уровнях наблюдаемого мира, Берталанфи отнес к задачам *системной онтологии*. Именно здесь начинаются подлинные трудности; как отмечал Берталанфи, нелегко дать очевидный ответ на вопрос, что следует определять и описывать как систему. Исследователи вновь и вновь задаются им: «Естественный вопрос, возникающий у биолога, состоит в том, насколько реальны те системы, которые выделяют при исследовании живого мира, т. е. не являются ли они следствием произвольных действий исследователя-теоретика»[17]. Сам Берталанфи предложил выделять три типа систем: 1) *реальные системы*, выводимые из наблюдения и соответствующие объективной природе, существующие независимо от наблюдателя, 2) *концептуальные системы* — логика, математика, т. е. символические конструкции, 3) *абстрактные системы* — концептуальные системы, имеющие эквивалент в реальности (наука).

Поскольку различие между «реальными» объектами и системами и концептуальными конструкциями и системами невозможно выявить

на уровне здравого смысла, возникает потребность в *системной эпистемологии*, по мысли Берталанфи, глубоко отличающейся от эпистемологии логического позитивизма и эмпиризма. Свою концепцию «системы» он расценил как новую парадигму науки и даже как «новую философию природы». Суть последней в организмическом взгляде на мир «как на большую организацию».

Теория систем связала изменения систем во времени с их устойчивостью, т. е. с реакцией системы на деформацию. Понятие *«устойчивости»* Берталанфи назвал центральным в динамической теории. В свою очередь, динамическая теория систем была увязана им с теорией управления, призванной обосновать появление свойства устойчивости. «Управление, по существу, означает, что система, которая не является асимптотически устойчивой, делается таковой путем введения соответствующего противодействия, нейтрализующего нарушение устойчивости в системе»[18]. Модернизируя свою концепцию, Берталанфи использовал теорию управления и кибернетику. Различая внутреннее и внешнее описание системы, указывая на то, что последнее функционально, т. е. поведение системы описывается по ее воздействию на среду, он дал следующее развернутое объяснение: «При внешнем описании система принимается за «черный ящик», ее отношения со средой и другими системами графически изображаются в виде блок-схем и диаграмм. Описание системы производится в терминах входов и выходов; при этом общей нормой такого описания является перенос функций, связывающих вход и выход. Обычно они предполагаются линейными и представлены дискретными наборами значений (решения «да — нет» в теории информации; машина Тьюринга). Это — язык техники управления; внешнее описание производится обычно в терминах коммуникации (обмена информацией между системой и средой и внутри системы) и управления функциями системы с учетом наличия среды (обратная связь), если употреблять винеровское определение кибернетики»[19]. *Таким образом, теория систем оказалась наполненной новым содержанием и стала более инструментальной.* Однако при этом она потеряла в своей независимости от той или другой науки, нарушила свой статус нейтральности, равноудаленности от любой конкретной научной дисциплины. Теория систем заявила о себе как о новой картине мира, противостоящей физикалистской, она воспринималась как новая методология, открывающая путь к модернизации мышления. Однако под напором информационно-кибернетической парадигмы общая

теория систем Берталанфи приобрела значение методологической опоры современной картины мира — в основе своей физикалистской.

Этот новый акцент теории систем отвечал изменившемуся под мощным влиянием молекулярной биологии облику системы наук о живом. Не случайно Г Моровиц разделил теоретическую биологию на формальную теорию, физическую теорию и теорию систем. В первом случае исследуется данная биологическая ситуация и формулируется постулат или система постулатов, которые выдвигаются как математические утверждения, часто в форме дифференциальных или интегральных уравнений. Полученные в результате манипуляций с последними следствия сравниваются, когда это возможно, с результатами экспериментов. Формальная теория достигла успехов в экологии и особенно в генетике. Физическая теория тесно увязывается с молекулярной биологией, где исследователь исходит из идей кинетики, статистической механики, термодинамики. *Теорию систем Моровиц квалифицировал как «специальный случай формального подхода биологическим проблемам»*, опирающегося на теорию информации, теорию игр, исследования операций, теорию «сетей и технику вычислительных машин»[20].

Правда, сам Берталанфи вынужден был отметить, что, хотя теория систем открывает новые горизонты, «ее связь с эмпирическими фактами пока еще остается весьма скудной»[21]. Положительно оценивая прогностические возможности теории систем, К. Боулдинг, в свою очередь, указывал на «нежелание науки допустить даже незначительный прогресс в области систематизации и ее стремление закрыть дверь перед проблемами и предметами исследования, которые не могут быть легко втиснуты в простые механические схемы»[22]. Несколько иначе оценил ситуацию Э. Шредингер, справедливо напомнивший, что мы унаследовали от наших предков «острое стремление к цельному, всеобъемлющему знанию». Одновременно он указал на реальную трудность естествознания: наука начала приобретать надежный материал, позволяющий «свести в единое целое все до сих пор известное», но в то же самое время «становится почти невозможным для одного ума полностью овладеть более чем одной небольшой специальной частью науки»[23]. Выход из этого положения Шредингер видел в рискованной решимости осуществить синтез фактов и теорий, взятых из разных областей, не боясь показаться невеждой.

Возможность индуктивных обобщений, дедуктивных предсказаний и их эмпирической проверки в биологии Т. Уотермэн связывал не

только с информацией о большем числе компонентов системы и их взаимоотношениях. Он считал, что «гипотезы и обобщения относительно организации живых систем составляют важную часть методологии» и что «должна быть постулирована какая-то общая организационная схема, играющая роль каркаса...»[24]. Уотермэн приветствовал появление биологов «нового склада», способных применять и разрабатывать «методы, выводимые более формальным путем», опираясь на теорию информации, кибернетику, теорию игр и теорию решений. *Подчас история теоретической биологии вообще ограничивалась развитием математической и физико-химической биологии.* Так, Г Моровиц в своем историческом очерке упоминает труд Д.А. Борелли «De Motu Animalium» (1680), содержащий анализ движения животных с точки зрения механики в духе строгого геометрического подхода. К ранним работам он отнес также трактаты Г. Гельмгольца об ощущении тонов (1863) и о физиологической оптике (1867), где биологические проблемы анализировались в понятиях математической физики. Историю современной теоретической биологии Моровиц открывает трудом д'Арси Уэнтворта Томпсона о росте и форме (1917). Кредо Томпсона гласило: «...проблемы формы — это в первую очередь математические проблемы, проблемы роста — в основе своей физические проблемы, и морфолог ipso facto является представителем физической науки. Он мог бы заимствовать у этой всеобъемлющей науки... точку зрения, с которой физики подходят к своим проблемам, количественные методы, с помощью которых она их разрешает, и здравые ограничения, в рамках которых ведется вся работа в ее области. Он должен был бы осознать, что нет такой отрасли математики, какой бы она ни была абстрактной, которая не могла бы найти когда-нибудь применения к явлениям реального мира»[25]. Называя Томпсона одним из предтеч современной теоретической биологии, Моровиц подчеркивает, что вслед за Э. Брюкке, Э. Дю-Буа-Реймоном, Г. Гельмгольцем и К. Людвигом, стремившимися поставить физиологию на химико-физический фундамент и «придать ей равный научный ранг с физикой», в отношении морфологии и морфогенеза это стремился проделать Томпсон[26].

В 1925 г. А. Лотка в труде «Элементы физической биологии» провел идею, согласно которой законы химической динамики структурированной системы управляют ее эволюцией, включающей живые организмы. Лотка интересовали биологические системы, а не жизненные процессы в организме. Биологию он рассматривал как частную

область познания тайн Вселенной, эволюцию как частный случай необратимого преобразования, жизнь как грандиозный химический процесс. В качестве математического аппарата Лотка использовал дифференциальные и интегральные уравнения и системы дифференциальных уравнений. По мнению Моровица, книга Лотка «сыграла большую роль в подготовке того развития теоретической биологии, которое имело место в 40-х и 50-х годах»[27]. Один из аспектов работы Лотка, а именно изучение экологических отношений, развивал В. Вольтерра, опубликовавший в 1931 г. «Лекции по математической теории борьбы за существование», а в 1935 г., совместно с Умберто д'Акона, — «Биологические ассоциации с точки зрения математики».

Моровиц сослался на мнение В.А. Костицина, который в кратком очерке истории теоретической биологии напомнил в своей «Математической биологии» (1937 г.), что естественные науки давно пользуются статистическим методом, однако заслуга полного обновления этого метода и основания новой науки — биометрии принадлежит К. Пирсону. В 1845 г. Ферхульст впервые вывел уравнения для случая замкнутой популяции. Позже отдельные биологические вопросы время от времени рассматривались с применением аналитического метода, но лишь Лотка и независимо от него Вольтерра применили этот метод к более общим проблемам. В англо-саксонских странах работы Лотка вызвали к жизни биолого-математическое направление. Исследования Вольтерра положили начало аналогичному движению в континентальной Европе. Исследования Р. Пирля, посвященные закономерностям увеличения численности популяций, послужили основой современной демографии. Вклад в математическую теорию отбора внес Дж. Б. Холдейн.

Общий подход к математическому анализу экологических проблем сводился в 30-х годах и отчасти позже к следующему: «...Брали какое-либо словесное утверждение относительно популяции и ее изменений при определенных условиях и записывали его в виде уравнения, обычно линейного дифференциального уравнения первого порядка; иногда использовали нелинейные уравнения и производные высших порядков. Затем проблему формулировали в виде системы дифференциальных уравнений, вводя определенные граничные условия. Полученные решения составляли основу трактовки рассматриваемой проблемы»[28]. Найденные функции могли быть затем сравнены с данными экспериментов и наблюдений над популяциями. Однако в биологии, как вынужден был признать Моровиц, «лишь немногие области испытали на се-

бе влияние теоретических математических исследований в столь сильной степени, как экология»[29]. Наравне с последней стоят только математические исследования в области популяционной генетики. Ее становление связывается с трудами Холдейна «Математическая теория естественного и искусственного отбора» (1924), Р. Фишера «Генетическая теория естественного отбора» (1930) и «Теория инбридинга» (1949). С. Райта «Адаптация и селекция» (1949).

В 1937 г., одновременно с попыткой Берталанфи публично изложить свою общую теорию систем, Дж. Вуджер в монографии «Аксиоматический метод в биологии» предпринял попытку сформулировать биологические проблемы при помощи символической логики. Свою цель он усматривал в создании точного и полностью контролируемого языка, позволяющего систематизировать биологические знания. Моровиц выделил как в высшей степени важное для теоретической биологии утверждение Вуджера, согласно которому «мы в настоящее время не знаем, какие формальные и математические методы будут полезными в биологии», и «не должны предполагать заранее, что математический аппарат, традиционно применяемый в физике, автоматически окажется подходящим для биологии»[30].

В 1938 г. появился труд Н. Рашевского «Математическая биофизика, призванный решить именно эту задачу. Цель Рашевского состояла в том, чтобы заложить основы математической биологии, аналогичной по своим методам математической физике. Стремясь везде, где это возможно, искать физическую интерпретацию, он постулировал, что математическая биофизика должна начинать с элементарной живой единицы — клетки. Выделение конкретного объекта сразу же обнажило глубокие различия в подходах физики и биологии. В физике математическое описание начинается с исследования идеализированных систем, которые могут не иметь аналогов в реальном мире. Понимая, что против такого подхода можно выдвинуть возражение, что подобные системы не имеют ничего общего с живой клеткой и никакие заключения относительно них не могут быть автоматически перенесены на реальные системы, Рашевский напомнил: «Тем не менее именно этот подход применяли и всегда применяют в физике. Физик занимается детальным математическим исследованием таких нереальных вещей, как «материальные точки», «абсолютно твердые тела», «идеальные жидкости» и т. п. В природе подобных вещей не существует. Однако же физик не только изучает их, но и применяет свои выводы к реальным вещам»[31]. Это дает практи-

ческие результаты, поскольку в известных пределах реальные вещи имеют свойства, общие с воображаемыми идеальными объектами. Однако описанный подход имеет ограничения. Охватить в математическом аспекте сразу всю сложность реальной природной системы способен, по словам Рашевского, только сверхчеловек. Обыкновенным смертным остается, соблюдая скромность, подходить к реальности асимптотически, путем постепенного приближения.

Комментируя изложенные соображения Рашевского, Моровиц спустя 30 лет вновь констатировал, что между математической биофизикой и классической биологией (по его терминологии — «естественной истории») продолжает существовать разрыв. «Оппозиция по отношению к теоретической биологии со стороны биологов, ориентированных на «естественную историю», в значительной части проистекает из того, что им чужд подход, сформулированный в этом отрывке (из труда Рашевского. — *Э.М.*). Биолог, отдавший много сил изучению того или иного аспекта природы во всем его богатстве и полноте, часто не испытывает особой симпатии к идеализированной системе, неспособной отобразить детали, на выяснение которых он затратил столько усилий»[32]. Считая, что такого рода затруднения неизбежны при столь различных подходах к одному и тому же биологическому материалу, выражая надежду, что приверженцы разных точек зрения сумеют оценить результаты друг друга, Моровиц ввел математическую биофизику в структуру теоретической биологии. Примечательно, что при этом он поставил рядом школы Н. Рашевского и Л. фон Берталанфи.

Математическая биофизика заставила сравнить две системы — живую и неживую материю — на уровне квантовой механики, чтобы понять, почему живое явственно отличается от неживого. Не разделяя оптимизма молекулярных биологов, полагавших, что «биология объяснима в рамках обычных физических законов» и что «поэтому приложение физической теории к живой материи не требует особых усилий», Г. Патти писал: «Если бы даже оказалось, что живая материя тождественна неживой при описании их на языке физики, могли бы мы утверждать, что полностью понимаем жизнь в рамках физических законов? Мне кажется, что нет...»[33]. Выделив способность к эволюции в качестве самого общего свойства живой материи, отличающего ее от неживого, он следующим образом сформулировал основной вопрос: можно ли понять процесс биологической эволюции на базе основных законов физики?

Попытка дать определение наследственной передачи и естественного отбора на языке физики сталкивается, как показал Патти, с существенными трудностями. Так, передача по наследству осуществляется при участии кода и требует выбора из ряда альтернатив, а не просто проявления физических законов движения на ряд начальных условий. Уравнения движения задают группу преобразований множества состояний системы, тогда как в процессе наследования участвует выбор, что связано с невзаимнооднозначным отображением. «Именно поэтому такие основные генетические понятия, как память, описание и код, нельзя выразить непосредственно в терминах элементарных физических законов»[34]. Элементарные физические законы симметричны по отношению ко времени, тогда как временные отношения между памятью о признаке и его фенотипическим выражением несимметричны. Термодинамические или статистические теории не приводят к представлению о неизбежности биологической эволюции, обеспечивающей возрастание сложности живых систем. Поэтому при описании процессов наследования в рамках законов физики «необходимо не только преодолеть трудность объяснения необратимых явлений на основе обратимых законов, но и, кроме того, показать, что необратимость наследственных процессов приводит к явлению эволюции живой материи, а не к полному термодинамическому равновесию неживой материи»[35]. Предстоит также решить, какую физическую теорию можно использовать, чтобы объяснить высокую надежность проявления наследственной информации в виде классических признаков и описать реализацию информации, записанной на квантовомеханическом уровне в форме взаимодействия между фенотипом и средой в рамках естественного отбора на уровне классической механики. Чтобы создать «общую теорию биологии», основанную на законах физики, следует досконально изучить, по убеждению Патти, коренное противоречие между двумя основными допущениями: «живая и неживая формы материи подчиняются одним и тем же физическим законам» и «живая материя отличается от неживой лишь способностью к эволюции»[36]. Напоминая, что такие физики, как Бор, Эльзассер, Бергерс, полагают, что должны существовать особые биологические законы, Патти тем не менее не согласился с утверждением, что жизненные процессы не могут быть выведены из физических законов.

Если Рашевский избрал объектом исследования клетку, то Патти оперировал молекулярным уровнем организации живого. Исходя из

того, что понятия кодирования и надежности необходимы на всех уровнях биологической организации — клеточном, морфогенетическом, эволюционном, высшей нервной деятельности, Патти высказал предположение, что «в основе уникального различия между живой и неживой материей лежат не идеализированные классические модели макромолекул, матричной репликации или регуляции обмена веществ, а количественная надежность молекулярных кодов, которые могут связывать содержание квантовомеханического описания с его классическим фенотипическим выражением»[37]. Именно с описанием надежных молекулярных процессов наследования в терминах квантовой механики он связывал развитие теоретической биологии и создание более прочной гносеологической основы самой физической теории.

Близкую позицию занимал К.Х. Уоддингтон, также задавшийся вопросом: «нужна ли еще какая-нибудь «теоретическая биология» кроме той, что содержится или, как можно надеяться, будет вскоре содержаться во все расширяющихся рамках молекулярной биологии»?[38] Он был уверен, что на все проблемы биологии ответы «должны быть в конечном счете сформулированы в молекулярных терминах», но считал, что большие успехи в анализе простых элементов еще не решают дела. Биология нуждается в теории перехода от простого к сложному, способной связать сложные биологические системы с элементарными единицами.

Стратегия системного подхода, ориентированная на физику, пока не привела к общей теории биологии. Молекулярная биология, несмотря на свою близость к физике и химии, не располагала данными, позволяющими построить теорию живой материи, обнимающую все уровни организации живого и процесс эволюции. Помочь здесь биологии физика была не в силах. Как заметил Уоддингтон, «сами физические науки далеки от завершения, так что самый правоверный сторонник сводимости не сможет сказать биологам, к чему они должны свести свои живые системы»[39].

Большего успеха достигла стратегия системного подхода, ориентированная на биоценологию и биосферологию. Эта стратегия вела к постижению живой природы как закономерно организованной целостной планетной системы. На стыке геохимии, биологии и учения о биосфере В.И. Вернадский создал *теорию живой материи.* Чтобы придать идее целостности и организованности живой материи максимально биологическую форму, он еще в 1928 г. ввел понятие «био-

ценоз планеты». Согласно теории живой материи Вернадского, последняя организована как динамически устойчивая система. Эту устойчивость обеспечивает биоценотический тип организации живого вещества. Жизнь в биосфере впервые появилась в форме биоценозов, в виде совокупности форм, отвечающей геохимическим функциям жизни. Детализируя представление о биоценозе планеты, Вернадский оценил структуру живой материи с таксономической, экологической, энергетической и исторической точек зрения. Понятие организованности живого вещества он связывал с учением о материи и энергетике. Теория эволюции живой материи была призвана объяснить известную направленность эволюции в сторону появления в биосфере разума и воли человека.

Законы экологической организации и эволюции живого покрова Земли раскрывает *концепция геомериды* В.Н. Беклемишева. Изучение всех уровней экологической организации привело ученого к выводу, что жизнь организована в планетном масштабе, биоценозы включены в единую систему биосферы и объединены общим процессом круговорота форм, вещества и энергии. Эволюция живой материи рассматривалась им как процесс развития многоуровневой системы, объединяющей организм, популяцию, вид, надвидовые таксоны и экосистемы.

К учению о биосфере тесно примыкает *концепция биогеоценотического покрова* В.Н. Сукачева. Биоценоз и биогеоценоз ученый рассматривал как элементарную клеточку биосферы. Строение биоценоза таково, что позволяет ослаблять борьбу за существование и открывает возможность сосуществовать в ограниченном пространстве большому числу индивидуумов. Достигается этот эффект благодаря сложному видовому составу большинства сообществ и физиологической и экологической специфичности входящих в них видов. Новые виды вырабатываются в соответствии с условиями сообщества, закономерности видообразования взаимосвязаны с закономерностями эволюции биоценоза.

Построение полнокровной концепции эволюции биосферы предполагает *теоретическое обобщение данных о филогении растений, о филофлорогенезе и об эволюции растительного покрова Земли*. Эту задачу решил А.Н. Криштофович. Согласно его теории, растительность на Земле развивалась многопланово, созидая в ходе своей эволюции разнообразные формы и флоры. Изменения растительного покрова происходят очень быстро и сводятся к миграциям и экс-

пансии целых формаций или отдельных растительных форм. Наиболее мощными факторами эволюции растительности служат климатические изменения и геологические процессы (орогенез). Появление растительности новых зон, формаций и сообществ определяется не филогенией, не процессом морфологической эволюции, а отбором, перемещением и изменением численных отношений отдельных растений, сменой стаций. В ходе эволюции флор увеличивалось разнообразие их состава и степень организованности. Эволюция растительности протекала направленно.

В.П. Вернадский постулировал, что уже значительная часть архейской эры была охвачена жизнью. Открытие венда как этапа эволюции биосферы наполнило прогноз Вернадского реальным содержанием. *Концепция венда* Б.С. Соколова рассматривает вендскую биоту как этап непрерывного и направленного развития живого вещества на Земле. Согласно предложенной им схеме развития органического мира, ранее 4 млрд лет назад существовали простейшие эобионтные системы, способные к воспроизведению в условиях гетеротрофного питания. Речь идет по существу об образовании первичной биосферы. Вендская биота характеризуется разнообразием фауны бесскелетных и впервые содержит разнообразные растения. В венде обнаруживаются зачатки цефализации. На всех континентах остатки вендской фауны занимают однотипное стратиграфическое положение, имеют общий облик и характеризуются рядом космополитических родов и видов.

Изучение венда позволило проникнуть в истоки эволюции экологических систем. Палеоэкология обогатилась данными о разнообразии и смене экосистем на ранних этапах истории Земли. Начинают вырисовываться контуры эволюции биоты как целостной экосистемы — геомериды, биоценоза планеты.

Введение в теорию живой материи теории информации привело к заключению, что в ходе эволюции живое становилось все более живым, изменялась организованность живого и возрастала мера его организованности — запас информации. Консервация информации в форме молекулярных, морфологических и биоценотических структур рассматривается как важнейшая особенность эволюции живого. Преобразование информации определяется законами связи и взаимодействия организмов друг с другом и с неорганической средой[40].

Создание общей теории систем Л. фон Берталанфи отражало мощную тенденцию к построению единого естествознания и универ-

сальной картины мира. Было указано и условие достижения этой цели. М. Борн: «Было бы идеалом кратко обобщить все Законы в едином законе, универсальной формуле». Макс Планк говорил об открытии «единого простого принципа, который охватил бы все наблюдаемые и доступные явления природы и дал бы возможность вычислить на основании известных фактов прошедшие и в особенности будущие события». Х. Альвен в книге «Атом, Человек, Вселенная» (1973) писал о возможности существования универсального закона, из которого можно было бы вывести все другие законы. Приведя эти и другие аналогичные высказывания, Ю.А. Урманцев следующим образом оценил их с точки зрения своей общей теории систем: «Основной и неизбежный вывод, следующий из пяти законов системного изоморфизма, — это вывод о системном сходстве всего со всем, всесистемном сходстве»; «Всесистемный изоморфизм и есть современная экспликация старой философской идеи всеединства». Вместе с тем, он подчеркнул, что «современная экспликация не тождественна старой идее хотя бы потому, что единое — частный случай системного сходства»[41].

Системная философия претендует на то, что на место прежних «Начал» и мировоззрений ставит «Систему» и «системное мировоззрение». Не отвергая этот постулат системной философии, история естествознания предлагает не забывать, что *фактически были созданы и продолжают сосуществовать две картины мира — Космоса и Биосферы*. Исследуя ситуацию в теоретическом естествознании, В.И. Вернадский нашел, что *физическая и натуралистическая картины мира не могут быть сведены в один абстрактный мир физики или механики*. На исходе XX в. цивилизация избрала концепцию биосферы В.И. Вернадского, т. е. натуралистическую картину мира, в качестве платформы для коллективных усилий по охранению живого природного дома человечества. Каких бы высот абстракции не достигла научная мысль, она остается средством ориентации человечества в Мире, средством выживания нашего вида. XX в. не решил задачи построения единого естествознания, но позволил сблизить две картины мира. Прозревая возрастающую роль научной мысли в судьбе цивилизации, Вернадский стремился к созданию концепции мироздания, обнимающей геологические процессы, живую природу, человеческую личность и человечество. Человечество он рассматривал как часть планетного живого вещества, а живое вещество как механизм, поддерживающий Биосферу», как биогеоценоз планеты, напрямую связанный с Космосом. Благодаря этому удалось по-новому осветить

взаимосвязь и взаимозависимость Природы и Общества, объединить историю человечества и эволюцию биосферы, раскрывая движущие силы преобразования биосферы в ноосферу.

ПРИМЕЧАНИЕ

[1] *Берталанфи Л.* История и статус общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник. 1973. М., 1973. С. 35.

[2] Там же. С. 38

[3] Там же.

[4] Там же.

[5] Там же.

[6] Там же. С. 23.

[7] Там же. С. 24.

[8] Там же.

[9] Там же.

[10] Там же.

[11] Там же.

[12] Там же.

[13] *Берталанфи Л.* Общая теория систем — критический образ // Исследования по общей теории систем. М., 1969. С. 28.

[14] *Берталанфи Л.* История и статус общей теории систем. С. 25.

[15] Там же. С. 26.

[16] Там же. С. 28.

[17] *Баев А.А.* Современная биология как социальное явление // Диалектика в науках о природе и человеке. М., 1983. С. 103.

[18] *Берталанфи Л.* История и статус общей теории систем. С. 31.

[19] Там же.

[20] *Моровиц Г.* Исторический очерк // Теоретическая и математическая биология. М., 1968. С. 36.

[21] *Берталанфи Л.* Общая теория систем — кинетический обзор. С. 52.

[22] *Боулдинг К.* Общая теория систем — скелет науки // Исследования по общей теории систем. М,. 1969. С. 24.

[23] *Шредингер Э.* Что такое жизнь? С точки зрения физика. М., 1972. С. 11.

[24] *Уотермэн Т.* Проблемы // Теоретическая и математическая биология. М., 1968. С. 24.

[25] *Моровиц Г.* Исторический очерк. С. 37–38.

[26] Там же. С. 39.

[27] Там же: С. 40.

[28] Там же.

[29] Там же.

[30] Там же. С. 41.

[31] Цит. по: *Моровиц Г.* Исторический очерк. С. 41–42.

[32] Там же. С. 42.

[33] *Патти Г.* Физическая основа кодирования и надежность биологической эволюции // На пути к теоретической биологии. 1. Пролегомены. М., 1970. С. 72–73.

[34] Там же. С. 76.

[35] Там же. С. 77.

[36] Там же. С. 73.

[37] Там же. С. 89–90.

[38] *Уоддингтон К.Х.* Теоретическая биология и молекулярная биология // На пути к теоретической биологии. 1. Пролегомены. М., 1970. С. 100.

[39] Там же.

[40] *Мирзоян* Э.Н. Академия наук и теоретическая биологическая мысль в России // Российская Академия наук. 275 лет служения России. М., 1999. С. 577–607.

[41] *Урманцев Ю.А.* Девять плюс один этюд о системной философии. Синтез мировоззрений. М., 2001. С. 125, 129.

В.Г. Борзенков

Л. ФОН БЕРТАЛАНФИ И РАЗВИТИЕ ИДЕИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ В XX ВЕКЕ

В развитии биологии XX в. трудно назвать другую такую идею, которая была бы столь интригующей и вызывала бы такие разноречивые интерпретации и эмоции, как идея (и движение «на пути к») теоретической биологии. Выдвинутая в середине 30-х годов почти одновременно и независимо друг от друга несколькими выдающимися биологами-мыслителями (Л. фон Берталанфи «Теоретическая биология», т. 1, Берлин, 1932; Э. Бауэр «Теоретическая биология», М.-Л., 1956; Н. Рашевский «Математическая биофизика», Чикаго, 1938 и др.), она пережила пик своей популярности в 60-70-е годы, а на исходе века испытала, похоже, если не разочарование, то охлаждение. Последняя героическая попытка спасти эту красивую идею в том виде, в каком она была выдвинута вышеперечисленными классиками, была предпринята на страницах «Известий Академии наук. Серия биологическая» в 1993 г.[1]. Инициаторы пригласили на страницы этого журнала известнейших российских авторов, предварительно поставив такой (на мой взгляд, весьма точный) диагноз состояния разработки этой проблемы на сегодняшний день: «Хотя в биологии давно уже существует тенденция выделять теоретическую биологию как особое направление (Берталанфи, Бауэр, Уоддингтон), до сих пор не ясно, существует ли такой раздел биологии, нужен ли он и каково его будущее»[2]. Мы попытаемся взглянуть на эту ситуацию с методологической точки зрения, поскольку она как-то весьма вскользь была затронута в этой последней дискуссии, да и вообще недостаточно представлена в мировой литературе по проблемам теоретической биологии. А между тем многое в развитии идеи теоретической биологии в XX в. самым тесным и органичным образом связано с соответствующими поворотами в развитии и смене методологических концепций и парадигм. Поэтому для прояснения общей картины и в целях

уточнения сегодняшнего состояния дел и перспектив развития теоретической биологии в XXI в. анализ эволюции идеи теоретической биологии в контексте (и тесной связи) с эволюцией методологической мысли в XX в. совершенно необходим.

Для правильного понимания сути движения на пути к теоретической биологии важно с самого начала ясно зафиксировать один тонкий нюанс: ни сам термин «теоретическая биология» (или, аналогично, «биологическая теория»), ни концепции, которые бы претендовали на статус «теоретических» в биологии не появлялись на свет вместе с названными выше работами Берталанфи, Бауэра, Рашевского и др. Достаточно сказать, что ведь были уже и теория Ламарка, и теория Ч. Дарвина, и теория Г Менделя, и др. широко признанные и дискутируемые теории в биологии начала XX в. Более того, уже в 1909 г. вышла работа немецкого историка биологии Е. Радля «История биологических теорий в XIX столетии». Она была напечатана в двух объемистых томах, содержащих без малого тысячу страниц. Смешно было бы думать, что эти факты были неизвестны Рашевскому, Берталанфи или Бауэру. Значит, что-то не устраивало их в этих концепциях именно как теоретических. Что? И вот здесь нужно ясно осознать, что наиболее влиятельным методологическим аппаратом прояснения вопросов природы различного типов знания (естественно-научного и гуманитарного, физического и биологического и пр.) в первые два десятилетия XX в. был аппарат представителей баденской школы неокантианства В. Виндельбанда и Г. Риккерта, предполагавший радикальное различие наук номотетических и наук идеографических, т. е. наук, главной целью которых является формулировка общих законов и построение на этой основе подлинных теорий (идеалом такой науки является физика), и наук, главной целью которых является описание явлений во всей их неповторимой уникальности в том виде, в каком они предстают перед исследователем (типичным примером такой науки считалась история человеческой культуры в различных ее аспектах). Полностью под влиянием этих идей баденских неокантианцев находились и зачинатели движения по созданию теоретической биологии. Они исходили из того, что даже в своих наиболее общих построениях классическая биология остается на уровне чисто описательной, идеографической науки. Создание же биологии как науки номотетической (и в этом смысле подлинно теоретической, т. е. теоретической в том же смысле, в котором говорится о «теоретической физике») мыслилось ими как именно задача следующего шага

в развитии биологии как науки. Это хорошо видно, прежде всего, из работ Э. Бауэра. Отмечая выдающееся значение теории Ч. Дарвина, он тем не менее писал: «Эволюционная теория является... теоретическим завершением, величайшим научным достижением первого, описательного периода развития биологии... Теперь возникает вопрос, возможна ли такая же теория и для всякой живой организованной материи независимо от исторических условий ее развития». Только положительный ответ на этот вопрос даст нам, с точки зрения Э. Бауэра, истинную теоретическую биологию.[3]

Но из тех же предпосылок исходил в эти годы и Берталанфи. Вот как сам он описывал истоки возникновения идеи общей теории систем через размышления о путях построения истинно теоретической биологии. «До последнего времени область науки как номотетической деятельности, т. е. деятельности, направленной на установление объясняющей и предикативной системы законов, практически отождествлялась с теоретической физикой. Лишь несколько попыток создания систем законов в нефизических областях получили общее признание, биолог в этой связи прежде всего вспомнит генетику. Тем не менее в последнее время биологические, бихевиоральные и социальные науки нашли свою собственную базу, и потому стала актуальной проблема — возможно ли распространение научных концептуальных схем на те области и проблемы, где приложение физики является недостаточным или вообще неосуществимым».[4] Эти завершающие слова Л. фон Берталанфи о «приложимости физики» тоже достаточно важная и тонкая деталь. Дело в том, что от констатации идеографического (описательного) статуса биологической науки к построению ее уже в ранге «номотетической науки» можно было, как выяснилось, идти очень различными путями. И как раз Э. Бауэр и Л. фон Берталанфи предложили два прямо противоположных.

Бауэр, как известно, связал свои надежды создания теоретической биологии с открытием нового физического закона (или принципа) движения живой материи («принцип устойчивого неравновесия»), т. е. фактически предложил сделать шаг от описательной биологии в направлении к физике как ее подлинной теоретической основе. Совсем по другому пути пошел Берталанфи. Обратив внимание на то, что в физикалистском мире таким специфическим биологическим реалиям, как «организация», «целенаправленность», «функция» и др., не было места, что там они рассматриваются лишь как метафоры или даже попросту иллюзии, он написал: «Для биолога, одна-

ко, это означало, что как раз специфические проблемы живой природы оказались вне законной области науки. В этих условиях я был вынужден стать защитником так называемой организмической точки зрения. Суть этой концепции можно выразить в одном предложении следующим образом: организмы суть организованные явления, и мы, биологи, должны проанализировать их в этом аспекте»[5].

Но как только внимание к проблеме возможных путей построения теоретической биологии было привлечено в таком аспекте, оказалось, что физикамизм и системность — не единственные альтернативы. Тут же на поверхность всплыла идея истории, историзма как давно известная коренная черта живой природы. Как вспоминал впоследствии Дж. Бернал, один из активнейших участников дискуссий по проблемам теоретической биологии уже следующей волны энтузиастов: «В 1946 г. в Принстоне я имел интересную беседу по этому вопросу с Эйнштейном. Из этой беседы я вынес заключение, что жизни присущ еще один элемент (в добавлении к биохимической универсальности — *В.Б.*), хотя логически и отличный от элементов физики, но ни в коем случае не мистический, — это элемент истории. Все явления, изучаемые биологией, образуют непрерывную цепь событий, и каждое последующее звено нельзя объяснить, не принимая в расчет предыдущие. Единство жизни вытекает из всей ее истории и, следовательно, является отражением ее происхождения»[6]. Таким образом, уже в первое десятилетие обсуждение проблемы путей построения теоретической биологии, отталкивающееся от идеи описательной природы классической (натуралистической) биологии, были выделены три принципиально различные возможности: 1) физикализм, 2) системность и 3) историзм. И на долгие годы и десятилетия эта основополагающая раскладка возможностей предопределила пути и содержание дискуссий по проблемам теоретической биологии, становившимися тем содержательнее, чем далее они уходили от понимания методологических истоков постановки самой проблемы.

Следующий (и по времени, и по степени методологической зрелости) виток обсуждения проблемы возможностей и путей построения теоретической биологии падает на 60-е годы. Но прежде чем охарактеризовать его, отмечу, что уже в конце 40-х годов был ясно сформулирован один из возможных путей решения проблемы соотношения этих трех концептуальных подходов к теоретизации биологии, который многие и до сих пор нередко считают не только новейшим,

но и единственно возможным. Я имею в виду подход к их соотношению, исходя из принципа дополнительности, и естественно, что методологическая мысль качнулась в этом направлении. Как писал впоследствии Х. Равен, ссылаясь на свою работу 1949 г., при «построении биологической теории можно различать три основных подхода. Явления, наблюдаемые в живых организмах, можно объяснить, т. е. связать и сгруппировать по определенным признакам, тремя различными способами: по отношению причина—следствие (каузальный подход), по временным отношениям (исторический подход) и по функциональному признаку (финалистский подход). Каждый из этих трех подходов может породить более или менее замкнутую систему представлений, причем каждая из них даст адекватное описание фактических данных. Ни одну из этих трех систем нельзя вывести из другой; каждая представляет определенный аспект действительности. Эти три подхода не исключают, но дополняют друг друга. Их можно рассматривать как взаимодополняющие подходы в теоретической биологии»[7].

Итак, самая масштабная попытка прорыва в решении проблемы создания теоретической биологии падает на 60-е годы. Особое значение имели при этом два события: 1) цикл лекций по вопросам теоретической и математической биологии, прочитанный в Йельском университете крупнейшими специалистами, среди которых были Н. Рашевский, Дж. Бернал, Г. Кастлер и др., и 2) симпозиум по теоретической биологии, организованный по инициативе и под руководством Международного союза биологических наук и крупнейшего английского биолога XX в. К.Х. Уоддингтона, начавший свою работу в августе—сентябре 1966 г. и растянувшийся на несколько лет[8]. Надо сказать, что отправной пункт размышлений и дискуссий на этих форумах 60-х годов был тот же: описательная природа классической биологии. Вот, например, как начал свою лекцию в Йельском университете Дж. Бернал. «Я полагаю, — заявил он, — что существует коренное различие, в основе своей философское, между биологией и так называемыми точными науками, особенной физикой». В физике, обращал внимание Дж. Бернал, «мы постулируем, что существуют элементарные частицы, из которых построена Вселенная, и что законы физики, управляющие их движением и превращением, внутренне необходимы и, как правило, действуют во всей Вселенной». Биология же, по мнению Бернала, «в отличие от физики занимается описанием и систематизацией фактов, относящихся к весьма специаль-

ному компоненту Вселенной — к тому, что мы называем жизнью или даже более узко — земной жизнью. Это в основном описательная наука, больше похожая на географию и имеющая дело со структурой и функцией некоторого числа своеобразно организованных систем в определенный момент времени на определенной планете»[9].

К этому времени, однако, радикально изменилась расстановка доминант в пространстве методологических учений. Лидерство от неокантианцев давно уже перешло к неопозитивизму и особенно к той его более мягкой и реалистической версии, которая получила название логического эмпиризма. Здесь, в отличие от неокантианцев баденской школы, был наработан новый аппарат и сформулированы новые критерии «научности» и «теоретичности». Согласно этим критериям, всякая научная область знания, претендующая на «теоретичность», должна удовлетворять, как минимум, следующим требованиям: 1) представлять собой гипотетико-дедуктивное построение, 2) быть верифицируемой и содержать в себе возможность формулирования условий собственной (потенциальной) фальсифицируемости и 3) содержать в своем составе по крайней мере одно утверждение, обоснованно претендующее на роль универсального закона природы. С этих позиций с начала середины 60-х годов началась работа по интенсивному углубленному обсуждению подлинной природы сложившегося биологического знания. При этом оценочные мнения радикально разошлись. Для одних проблема построения теоретической биологии, подобной теоретической физике, стала выглядеть попросту псевдопроблемой или, во всяком случае, неправильно поставленной проблемой. Особенно активно защищал ее в своих работах австралийский философ науки Дж.Дж. Смарт. «Авторы, стремящиеся аксиоматизировать биологию, — доказывал он в работе «Философия и научный реализм», — находятся на ложном пути, подобно тем, кто решился бы вводить первый, второй и третий законы электроники или мостостроения». Почему? Да потому, что аксиоматизация предполагает существование законов, «подлинных универсальных, неизменных законов природы», подобных тем, которые мы имеем в физике. С точки же зрения Дж. Смарта, «не существует никаких биологических законов по той же самой причине, по которой не существует никаких законов техники». И вывод: «Те авторы, которые тратят усилия на аксиоматизацию биологии... ошибочно принимают ее за науку приблизительно той же логической природы, что и физика, что было бы верно для химии».[10]

Но большинство пишущих по этим проблемам не согласились со Смартом. В целом ряде работ М. Рьюза, Д. Халла и др. было, по моему мнению, достаточно убедительно показано, что уже существующие теории в биологии начала 2-й половины XX в., особенно объединенных в единое супратеоретическое построение под названием «синтетическая теория эволюции» (включающая в себя менделевскую популяционную генетику, теорию естественного отбора Ч. Дарвина и ряд других теоретических идей и моделей) полностью удовлетворяет наработанным в логике и методологии науки критериям теоретичности. И с этой точки зрения они и составляют ядро того, что может быть названо «теоретической биологией»[11]. Этим, однако, не решился вопрос о месте, роли и соотношении между собой тех трех направлений теоретизации, которые были выделены еще в дискуссиях 50–60-х годов. И в 70-е годы, когда на авансцену методологической жизни выдвинулись и быстро завоевали симпатии и авторитет различные постпозивистские концепции и модели («парадигмы» Т. Куна, «научно-исследовательские программы» И. Лакатоса и др.), вся эта проблематика путей и методов построения теоретической биологии вновь была радикально переформулирована и переосмыслена в свете этого нового методологического аппарата[12]. Следует со всей определенностью подчеркнуть, что в результате всех этих многократных усилий по логическому прояснению проблемы теоретизации биологии средствами профессиональной методологии науки было, вне всякого сомнения, достигнуто принципиально новое качество в самом понимании сути проблемы. Стало ясно, какие ожидания первых лет являются в принципе иллюзорными, и по каким направлениям следует двигаться, чтобы достигнуть реальных успехов.

90-е годы принесли много нового в эту проблемную область, как по линии развития самой биологической науки, так и по линии развития методологической мысли в рамках философии науки. В настоящее время и та и другая области находятся в состоянии глубоко брожения. Отмечу только некоторые ключевые моменты.

Разработка физики сложных систем по линии «нелинейная термодинамика → теория диссипативных структур → синергетика» напрямую вывела к идее эволюции как неизбежном свойстве любой достаточно сложной, далекой от равновесия открытой природной системы[13]. Тем самым была сделана заявка на решительное преодоление альтернативности физикалистских подходов подходам системным и эволюционно-историческим. В то же время применение этого кру-

га идей к исследованию феноменов происхождения и сущности жизни со всей очевидностью высветило особую значимость информационных аспектов живого[14]. Но рассмотрение информации, «упакованной» в виде наследственных программ и «текстов», потребовало наведения мостов с такими сугубо гуманитарными сферами и науками, как лингвистика, семиотика и даже герменевтика. С другой стороны, разработка эволюционно-генетических моделей сложного поведения (особенно социального) породило социобиологию и целый комплекс дисциплин биолого-гуманитарного профиля: биоэтику, биоэстетику, биополитику и др. Мы являемся свидетелями углубляющегося взаимодействия научными областями, еще в начале века казавшимися полностью разобщенными. Возникающие в русле этого движения теоретические построения столь своеобразны, что с трудом поддаются логическому прояснению методами традиционной методологии науки.

В то же время внутри самой методологии наблюдаются глубокие схождения постпозитивистских (выросших все-таки главным образом на анализе естественно-научного знания) и постмодернистских (порожденных главным образом сферой гуманитарного знания) веяний и тенденций. Все это сплетается и переплетается в некоторый принципиально новый научно-эпистемологический комплекс, должное уяснение логической природы которого — дело ближайшего будущего. Во всяком случае, только в контексте глубокой методологической проработки этих новых тенденций можно ожидать новой и действительно перспективной формы постановки самой проблемы дальнейшей теоретизации биологической науки[15].

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Изв. Акад. наук. Сер. биологическая. 1993, № 2, 5.

[2] Изв. Акад. наук. Сер. биологическая. 1993. № 2. С. 305.

[3] *Бауэр Э.С.* Теоретическая биология. М.-Л., 1935. С. 7–8.

[4] *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — критический обзор // Исследования по общей теории систем. М., 1969. С. 25.

[5] Там же. С. 28.

[6] *Бернал Дж.* Возникновение жизни. М., 1969. С. 15.

[7] *Равен Х.* Оогенез. М., 1964. С. 267.

[8] См.: Теоретическая и математическая биология. М., 1968; На пути к теоретической биологии. 1. Пролегомены. М., 1970.

[9] *Бернал Дж.* Молекулярная структура, биохимическая функция и эволюция // Теоретическая и математическая биология. С. 110.

[10] *Smart J.J.* Philosophy and Scientific Realism. London, 1963. P. 52.

[11] См., напр.: *Рьюз М.* Философия биологии. М., 1977.

[12] *Борзенков В.Г., Северцов А.С.* Теоретическая биология. М., 1980.

[13] *Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции. Синергетический подход. М., 2001.

[14] *Корогодин В.И., Корогодина ВЛ.* Информация как основа жизни. Дубна, 2000.

[15] Методология биологии: новые идеи. Синергетика. Семиотика. Коэволюция. М., 2001.

Н.Н. Марфенин

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЦЕЛОСТНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Чтоб что-нибудь живое изучить,
Его сначала убивают,
Затем на части разнимают,
Но связи жизненной, увы,
так не постичь.
Гёте

Целостность как особое свойство материи издавна привлекала к себе пытливых исследователей. Но сменялись поколения ученых, а прогресс в этой области познания оставался на удивление ничтожным.

Более всего целостность заметна у живых организмов, и проявляется она в особых свойствах целого, отсутствующих у его частей, а также в неразложимости организма на совокупность независимо существующих частей. Органы и части тела не способны самостоятельно сохраняться вне организма, а сам он обладает такими удивительными свойствами, как движение, размножение, закономерное развитие, поведение и смерть, которые не известны за пределами живого и не могут быть объяснены исходя из каких-то собственных свойств составляющих его веществ.

Несводимость целого к совокупности свойств частей присуща не только живым существам. У любого косного объекта — будь то простая куча песка, лужа или различные устройства и сооружения, созданные людьми, — свойства целого не сводятся к сумме свойств составляющих его частей. Действительно, свойства воды невозможно вывести из свойств атомов кислорода и водорода, так же как и суть хронометра невозможно обнаружить ни в одной из его многочисленных деталей. Поэтому проблема целостности вовсе не ограничивается какой-то «одухотворенностью» живого, а касается всего мироздания, имея всеобщее значение.

Тем не менее целостность организма проявляется намного ярче любого, даже самого сложного неживого объекта, а на высшем уровне эволюции живой материи достигает качественно нового состояния — возникает сознание. Человеческое мышление и самовосприятие не удается разложить на отдельные физиологические, клеточные или молекулярные составляющие, хотя в биологии научились регистрировать электрические импульсы нервных клеток, справились со сложной анатомией мозга, а достижения современной молекулярной биологии просто поражают воображение.

Познание феномена целостности за всю историю науки мало продвинулось вперед, что само по себе настораживает и требует внимательного анализа. Фундаментальных подходов к решению этой проблемы было не меньше трех: 1) теологический, 2) философский и 3) естественно-научный. Каждый из них использовал свои методы.

Теологический подход имел возможность объяснить все формы целостности, включая сознание, проявлением воли Всевышнего. Это избавляло на время от поиска реальных причин целостности, хотя и при таком подходе возникали свои проблемы.

Интересна в этой связи история открытия вегетативного размножения у животных. В XVIII в. Абраам Трамбле экспериментально доказал, что обыкновенная гидра, обитающая в прудах, питается плотоядно, а следовательно, является животным, а не растением. В то же время, если ее разрезать на части, то гидра не погибает, а из фрагментов ее тела развиваются новые особи. Открытие вызвало сенсацию не только среди биологов, но и во всем просвещенном мире. Европейские монархи обязывали специально докладывать им о последних результатах изучения гидр. Такое повышенное внимание к обычному биологическому явлению объяснялось несоответствием частного научного факта догмату неделимости души, утвердившемуся в теологии. Доказательство животной природы и делимости гидры противоречило основам теологической концепции мироздания, согласно которой животное имеет душу, а растение нет. Представление о душе, обеспечивающей целостность организма, объясняло явление, которое научными методами познания объяснить в то время было невозможно. Однако открытие вегетативного размножения у животных подрывало стройность теологической трактовки целостности.

Материалистическая философия пыталась справиться с проблемой целостности диалектически, что нашло отражение даже во вклю-

чении понятий «целое» и «часть» в систему категорий диалектического материализма. Тем не менее общепринятых дефиниций этих понятий так и не существует. Более того, большинство авторов, посвятивших свои философские работы выяснению закономерностей и свойств целостности, обошли стороной само определение исходных дефиниций.

При рассмотрении частей с точки зрения целостности в первую очередь указывается на условность выделения частей в целом. «Часть не есть нечто пространственно отделимое от целого» и закономерности взаимодействия не локализованы в каких-либо «атомах» пространства, перемежающихся «пустотой». Пространственная выделенность частей связана лишь с относительной внутренней замкнутостью процессов в них, с наличием у частей целостности. Целое не может быть аморфно и монолитно. Всякое целое внутренне расчленено и неоднородно, предполагая, таким образом, существование частей. Это вытекает из более общего положения о пространственно-временной структуре объективного мира как формы существования его качественного многообразия.

Таким образом, уже на этапе философского анализа феномена целостностности наиболее продвинутые исследователи предостерегали от попыток постижения целого с точки зрения взаимодействия частей и не потому, что, как экспериментально показал великий эмбриолог Ганс Дриш (1915), целое не равняется сумме свойств частей его составляющих, а вследствие самой условности выделения в целом частей. «Встречающееся в литературе определение целого как чего-то «большего» суммы частей является неправильным. В количественном отношении целое больше части, но не больше суммы частей; в качественном отношении оно иное... Качество (каковым является целое) не может быть ни «больше», ни «меньше»...»[1].

Тем не менее ясный и последовательный философский вывод было сложно применить в практике естественно-научных исследований. Как изучать целое, не выделяя в нем частей? Как соотносить разные уровни организации с их не сводимыми друг к другу свойствами? Философский анализ вскрыл сложности познания, но не смог предложить способов решения исходной задачи.

В области естественных наук проблема целостности долгое время затрагивалась только опосредованно. Так, триумф клеточной теории и влияние эволюционистских идей сказались в выделении трех уровней

индивидуальности — клеточного, организменного и колониального, а также в предположении, что каждый последующий уровень возник из предыдущего. Считалось, что объединение организмов может дать сверхорганизм, т. е. организм более высокого порядка сложности. Колонии стали примером того, как это могло произойти. Прогрессивную идею интеграции экстраполировали неоправданно широко.

Так, Геккель в «Общей морфологии организмов», следуя модным для его времени воззрениям, дает лестницу усложнения организации живых существ: клетка — орган — «прозопа» (многоклеточный организм, обладающий органами) — «кормус» (колония многоклеточных организмов). Каждый этап в этой лестнице знаменуется объединением более примитивных особей. Поэтому, несмотря на отсутствие каких-либо фактических подтверждений и абсурдность самого предположения, можно было, например, считать, что органы многоклеточных существ когда-то были самостоятельными организмами. Идея объединения индивидуумов в особь высшего порядка казалась перспективной для объяснения прогрессивного усложнения организации. Однако в то же время она несла в себе и внутреннее противоречие, так как не давала ответа на вопрос, как может особь (колония) состоять из множества других особей (зооидов). Это противоречие ясно выявляется в высказывании Исидора-Жоффруа Сент-Илера: «Как индивидуум община представляет самостоятельную единицу и в то же время ведет коллективное существование; это собрание иногда бесчисленного множества индивидуумов; вместе с тем община должна быть рассматриваема сама по себе как один индивидуум, как одно, хотя сложное, существо... она составлена из непрерывно связанных, зависящих друг от друга частей, представляющих отрезки от одного целого, хотя каждая из этих частей сама по себе есть более или менее резко обособленное целое, являющееся членом одного и того же тела; каждая часть составляет организованное тело, целое в миниатюре. Таким образом, вся община ведет реальное, отдельное и, следовательно, индивидуальное существование, если только верно, что индивидуальность есть нечто, дающее существу отдельную от всякого другого существа жизнь»[2].

В этом длинном высказывании с несколькими повторами автор пытается примирить противоречивость сосуществования целого в целом. Но это ему не удается, так как совершенно верное определение индивидуальности, данное им в конце, разрушает его же собственные построения. Действительно, если индивидуальность дает суще-

ству «отдельную от всякого другого существа жизнь», то какими же особями (индивидуумами) могут быть зооиды?

Впрочем, далее Сент-Илер предлагает диалектический подход к решению этого противоречия: «Анатомическое слияние и, следовательно, физиологическая солидарность соединенных индивидуумов могут быть ограничены в известных пунктах и в некоторых жизненных функциях или распространяться почти на всю совокупность органов и функций. Могут встречаться также все промежуточные ступени между крайними формами; путем неуловимых оттенков совершается переход от организованных существ, у которых входящие в ассоциацию члены живут почти независимой жизнью и отчетливо различаются друг от друга, к иным, где жизни сливаются и поставлены во взаимную зависимость, и далее к тем, где все жизни смешиваются в одну общую жизнь, где, собственно говоря, все отдельные индивидуальности исчезают в одной коллективной»[3].

Г Спенсер (1870) высказал предположение, что при вегетативном размножении возникающие простым делением или почкованием особи могут при некоторых обстоятельствах не расходиться, оставаясь соединенными с прародительницей и образуя таким образом постоянные колонии. Эта идея была блестяще развита знаменитым отечественным зоологом и непревзойденным сравнительным анатомом В.Н. Беклемишевым (1964). Он показал, что появление особых свойств целого на следующем структурном уровне теоретически может происходить путем постепенного ослабления индивидуальности входящих в ассоциацию особей при параллельном усилении индивидуальности самой ассоциации. В качестве примеров были использованы ряды из различных колониальных животных и морфологические показатели индивидуальности, т. е. полноценности организма.

Итак, в течение всего XIX в. и до середины XX в. происхождение многоклеточных, т. е. возникновение более высокого структурного уровня, пытались объяснить через соединение независимых объектов друг с другом и последующую интеграцию этой ассоциации с одновременной дифференцировкой частей и утерей ими первоначальной собственной целостности.

Надо отметить, что существовала и другая гипотеза происхождения многоклеточных путем «целлюляризации», согласно которой *«многоклеточное состояние возникло в результате умножения ядер, вокруг которых затем обособились участки плазмы»*[4]. В этом варианте целостность многоклеточного организма не возникает путем инте-

грации индивидуумов (особей), а наследуется от одноклеточного организма. Сторонниками этой гипотезы были многие известные биологи, такие, как: Седжвик, Деляж, Хаджи, Пакс, Де Бир и др., противниками — не менее известные ученые: И.И. Мечников, А.В. Иванов и др. Обе альтернативные гипотезы, по моему мнению, не были в достаточной степени подкреплены фактами и поэтому оставались в значительной мере умозрительными. Однако в гипотезе целлюляризации снята проблема происхождения целостности в силу того, что все усложнение организма происходит в рамках уже существующего целого.

Специальные исследования целостности на биологических объектах долгое время были разрозненными и фрагментарными. Лишь в последние 20 лет удалось добиться определенного успеха благодаря целенаправленному изучению колониальных беспозвоночных — прежде всего из группы гидроидов и кораллов (Hydrozoa, Anthozoa). Полученные факты опровергают ложное представление, восходящее еще к Ж.-Б.Ламарку, о формировании колонии за счет «способности многих полипов срастаться между собой». Нет оснований полагать, что колонии когда-либо происходили таким путем. Колониальный тип строения возникает благодаря *неотделению* дочерних зооидов от материнского. В этом принципиальное отличие от гипотезы постепенного ослабления «индивидуальности» членов колонии по мере их интеграции в целостную колонию. До момента отделения полипа он не обладает индивидуальностью особи. Следовательно, неотделившиеся полипы — всего лишь недоразвитые особи, остающиеся частями материнского тела.

Рассмотрим два способа изучения и познания объекта, морфологический и онтогенетический. Мы берем сложный объект и хотим понять, как он устроен и функционирует.

Используя морфологический метод, мы вначале описываем размеры, форму, особенности внешнего вида объекта, концентрируя внимание на всех различимых частях (отдельностях). Так же мы поступаем и при изучении внутреннего строения. Результатом подобного исследования становятся описание состава (т. е. перечня частей) и структуры объекта (т. е. взаимного пространственного расположения частей). В своих формулировках мы невольно характеризуем материальный объект через части, которые мы смогли различить. Уже на этих первых шагах морфолого-анатомического познания мы вынужденно совершаем ошибку, низводя целое к совокупности неких деталей, которые на самом-то деле таковыми не являются.

В лучшем положении оказывается эмбриология, основным методом познания которой является описание развития организма (онтогенетический подход). Эмбриолог видит, как каждый будущий орган возникает изнутри целого — например, основные члены образуются в виде крошечных выпячиваний, которые по мере роста превратятся в конечности. Таким же путем происходят внутренние органы, которые начинаются с группы клеток в ряду подобных, а затем приобретают некую различимую форму, специализацию, собственную структуру. Лишь по ходу развития мы назовем их частями, отдельностями или даже «деталями», но в начале формирования подобную «деталь» невозможно распознать в недифференцированном целом. При таком онтогенетическом подходе эмбриологического исследования состав и структура развивающегося организма оказываются непостоянными, а структура целого описанной по принадлежности каждой части (системы органов) надсистемному уровню. Структурированность целого оказывается не абсолютной, а относительной. Целое остается существовать во взаимосвязанных оформившихся органах.

Теперь можно утверждать, что особь не возникает в результате объединения других особей ни исторически, ни в своем индивидуальном развитии. Нельзя считать особью почку дочерней гидры — она всего лишь часть материнского тела. Также и дочерняя гидра, сформированная наполовину или на 3/4, остается принадлежностью материнского организма. Она 1) не имеет завершенного строения (до полного отделения отсутствует подошва), 2) не может переместиться в пространстве, 3) физиологически связана с материнским телом, так как они обладают единой внутренней средой, через которую осуществляется обмен веществ, 4) представляет с матерью субстанциально целостное тело. Поэтому неотделившаяся почка или зооид остаются частью матери, а целостность материнского организма таким путем передается всей колонии.

Не следует путать рассматриваемые варианты роста колонии и вегетативного размножения с внутриутробным развитием плода у млекопитающих. В последнем случае плод, развившийся из оплодотворенной яйцеклетки, с самого начала представляет собой отдельный полноценный организм, в котором потенциально имеются все необходимые структуры. Чаще всего он еще и отличается от матери генетически. Присутствие зародыша в утробе матери скорее подобно временному паразитированию, чем развитию части внутри целого. Поэтому и финал подобного сосуществования неизбежен в виде отторже-

ния созревшего плода. Он никогда не может остаться в постоянной телесной и физиологической связи с материнским организмом.

Идея объединения частей в целое механистична, а в случае живых объектов ошибочна. Части возникают в организме внутри его плоти, под «покровительством» существующей целостности. Предположение о возможности объединения частей внутренне противоречиво. Целое не пользуется готовыми частями. В этом случае части с тем же успехом могли бы не только соединяться вместе, но и выходить из целого. Этот вариант целостности присущ неживой природе. В ней динамическое равновесие примитивно: синтез и распад — равновероятные события, зависящие от локального стечения обстоятельств. В живом целое перерабатывает «заготовки» (поступающие части), разлагает и перестраивает их. Это и есть суть питания, свойственная живому с молекулярного уровня. Из переработанных заготовок в целом формируются новые части, которые исходно неполноценны, а потому не могут существовать вне целого. Поэтому целое неразложимо на части. Для нас принципиально важно, что части органического целого — обязательно продукты самого целого, пройденные через него. Это отличает живое от неживого, объясняет невыделимость частей и несводимость целого к сумме свойств частей. Части, будучи изначально ущербными, лишены самостоятельности и не обладают собственными свойствами: их свойства проявляются только в составе целого.

В живом организме части иногда могут по мере своего развития становиться все более самодостаточными и даже выходить из состава родительского организма, превращаясь в независимые организмы, как это наблюдается при вегетативном размножении. До момента отделения такие части еще не обладают всеми свойствами целого, но способны их приобрести путем регенерации недостающих органов после того, как станут полностью независимыми.

Особь, в свою очередь, может терять отдельные части, оставаясь жизнеспособной. Это достигается благодаря а) дублированию частей и б) способности к их регенерации.

Экспериментальные исследования показали, что в отделившемся от гидры дочернем полипе вначале происходит формирование недостающих частей тела (подошвы), только после этого он становится полноценной особью. Так же и при разделении колонии гидроидов на фрагменты они остаются жизнеспособными, но регенерируют недостающие составляющие: если отрезать побег, то в первую очередь восстановится столон, а если оставить голый столон, то на нем преж-

де всего произойдет регенерация побегов. Более того, даже пропорции между разными составляющими колонии восстанавливаются. Полученные результаты позволяют развеять иллюзию относительно принципиального отличия низших организмов, переносящих расчленение организма на части, от высших, у которых отделенные части нежизнеспособны. Различие оказывается не в целостности, а в способности к регенерации недостающих частей целого организма.

Дублирование частей (или полимеризация гомологичных органов) имеет выдающееся значение для живого на всех уровнях его организации. Эта способность не только страхует от возможных утрат отдельных частей организма и не только служит усилению структур и функций, но и ведет к образованию в процессе эволюции более высоких уровней организации, является обязательным условием целостности сложных биологических систем.

Особь может не только терять, но и включать в себя новые части. Например, в случае прививок черенков на растения или при имплантации тканей и органов у животных. Однако приживаемые части должны быть либо родственными, либо приспособившимися в течение длительной эволюции к совместному существованию, либо, наконец, специально приспособленными человеком для этого.

Создать (синтезировать) особь, как об этом мечтали в средние века, смешивая различные субстанции в колбе, невозможно. Целостность индивида возникала в течение всей эволюции живого на Земле. Ясно, что колониальный уровень индивидуальности не возник из интеграции независимых зооидов. Сомнительно, чтобы многоклеточный уровень индивидуальности мог возникнуть путем объединения независимых клеток.

В современной биологии накопилось много фактов, свидетельствующих в пользу симбиотической природы клетки. Например, митохондрии, скорее всего, когда-то были самостоятельными организмами, длительное время паразитировавшими в клетках. Существует гипотеза, что и клеточное ядро — основа эукариотической клетки — всего лишь пришелец. Заметим, что и в этом случае клетка не возникла в процессе соединения различных самостоятельных частей. Органеллы были инкорпорированы в существовавшую до этого целостную структуру. Они, безусловно, претерпели значительные изменения за длительный период симбиотического сосуществования.

Среди современных организмов можно найти яркие примеры далеко зашедшего симбиоза. Так, у многих водных беспозвоночных —

особенно у кораллов — внутри клеток эндодермы живут симбиотические одноклеточные растения — зооксантеллы. За счет их фотосинтеза кораллы могут длительное время существовать без животной пищи, используя пригодные для их метаболизма конечные продукты обмена веществ зооксантелл. Последние, однако, не утеряли своей самостоятельности и могут покидать клетки организма-хозяина при неблагоприятных условиях.

Другой пример демонстрирует результат необратимого симбиоза: лишайники — это продукт далеко зашедшего срастания талломов грибов и водорослей. В этом случае грибы паразитируют на водорослях, которые были тем целостным организмом, который включил в себя другой после длительного периода взаимной адаптации и перестройки.

Живое целое не появляется из соединения частей (не путать со слиянием мужской и женской половых клеток, которые сами по себе живут недолго) — оно всегда развивается из существующего целого. Колониальные беспозвоночные — гидроиды, кораллы, мшанки, асцидии — исторически возникли на базе целостности полипа; последний — на основе целостности оплодотворенного яйца. Так постепенно можно дойти до целостности сложных органических молекул, и это не будет логическим завершением. Важно то, что *каждый следующий акт конструктивного усложнения организации совершался в рамках уже существовавшей целостности*. Следуя основным положениям эволюционной теории, можно предположить, что любые изменения жизнеспособной системы либо разрушали ее, если противоречили целостности, либо вписывались в гармоничное взаимодействие внутренних процессов и тогда способствовали развитию и постепенному усложнению системы с сохранением ее целостности.

В XX в. **естественно-научный подход** в наибольшей мере проявился в развитии общей теории систем, которая искала причины целостности в законах управления системами.

Общая теория систем сформировалась в 50-е годы XX в. как междисциплинарная концепция, исходившая из признания изоморфизма законов природы. Были разработаны особая методология и приемы сопоставимого описания структуры любых систем и происходящих в них процессов на едином формальном языке с использованием понятий теории информации, теории множеств, теории автоматов и других достижений математики. Появление общей теории систем было

воспринято в научном мире с большим воодушевлением, так как в послевоенный период получили развитие новые прикладные науки, такие, как кибернетика, информатика, бионика, робототехника и пр. Казалось, что, разрабатывая общую теорию систем, удастся достичь глобального обобщения всех знаний и перевести их на единый язык.

Однако этого не произошло. С точки зрения возможностей описания целостности биологических объектов, мне представляется, что системные исследования пошли по ложному пути теоретического конструирования саморазвивающихся автоматов. Главное место в этом направлении получили приемы централизованного управления сложной системой.

На первый взгляд казалось, что и в живой природе высокий уровень интеграции организма достигается главным образом за счет центральной нервной системы и гуморальных регуляций, тесно связанных с последней. Недаром там, где нервная система отсутствует (например, у растений или в экосистемах), уровень целостности оказывается существенно ниже, что выражается в меньшем числе присущих им признаков целостности. Тем не менее *управляющие контуры, включающие информацию о состоянии, команды и реакции, оказываются не единственным и даже не главным механизмом поддержания целостности.*

Еще Берталанфи обратил внимание на три варианта поддержания целостности систем:

— динамическое взаимодействие частей (эквифинальные системы);

— система обратных связей;

— гомеостат Эшби (система достигает устойчивого состояния путем проб и ошибок).

В простейших из этих систем (первый тип) отсутствуют регуляторные механизмы. Второй тип обладает регуляторными механизмами, такими, как нервная и эндокринная система органов. Третий тип основан на процессе обучения.

И.И. Шмальгаузен также выделил три типа интеграции, соотнесенные с тремя видами целостных систем. В ранних работах они назывались системами с а) геномными, б) морфогенетическими, в) эргонтическими корреляциями. Позднее они были определены им как:

— элементарные системы клеточной регуляции;

— системы органо-типической регуляции;

— охватывающие системы регуляции всего организма в целом.

Или в другой терминологии:

— программное регулирование — эволюционно выработанное соответствие друг другу автономных частей;

— элементарный регуляторный механизм — корреляция при помощи градиентов интенсивности процессов, что приводит к различному функционированию однотипных частей, находящихся в областях с различной интенсивностью градиента воздействия, т. е. к дифференцировке целого с сохранением его интеграции, так как градиентом «указывается» соотношение частей, устанавливается порядок;

— сложный регуляторный механизм основывается на системах обратных связей, совпадая со вторым типом регуляций по Л. Берталанфи.

Лидирующую роль и механизмы простейших форм регуляции целостности организма долгое время не удавалось установить. Интересующиеся системными вопросами исследователи в основном увлекались расшифровкой эргонтических корреляций, основанных на системах обратных связей. Помимо этой причины была и другая — сложность выбора объекта исследования, лишенного высших форм регуляции.

Успех исследования целостности биологической системы во многом зависит от выбора удачного объекта. Казалось бы, выбор велик: любой организм многочисленных растений и животных — прекрасное выражение несводимости целого к сумме свойств составляющих его частей. Однако внутренняя взаимозависимость процессов и взаимосвязанность частей столь велика, что существующими у науки средствами невозможно уследить сразу за всеми или хотя бы за главными из них. Уровень обычного организма оказывается слишком сложным и «слишком» целостным для познания. Не выручают и одноклеточные организмы, которые также обладают всеми атрибутами сверхсложного строения организма, а их крошечные размеры лишь усложняют задачу экспериментального изучения согласованности внутренних процессов.

Если же выбрать в качестве объекта для изучения феномена целостности не организм, а сообщества организмов — будь то популяции или биоценозы, то на этом системном уровне целостность проявляется слишком слабо.

Между организмами и сообществами имеется некий промежуточный уровень организации, который представлен колониальными бес-

позвоночными, такими, как губки, кораллы, гидроиды, мшанки и другие. Эти животные обладают единым телом, не то что колония муравьев или пчел, и поэтому представляют собой особые организмы. Каждая колония происходит из одной оплодотворенной яйцеклетки. Однако тело колониальных беспозвоночных не столь слитно, как у одиночных организмов. В нем хорошо различимы многочисленные зооиды, весьма похожие на одиночных родственников. Например, в колонии гидроидов зооиды похожи на гидр, а в колонии кораллов на маленьких актиний. У некоторых видов зооиды могут быть специализированными на питании, размножении, защите. При всем этом колония оказывается состоящей всего из нескольких разновидностей частей, зато каждый компонент представлен во множестве. Такое строение порождает многократное дублирование всех функций. Среди колониальных беспозвоночных есть такие, у которых отсутствует общеколониальная нервная система. Целостность подобных колониальных организмов обеспечивается только программными и элементарными регуляциями. Среди них наиболее удачный объект — колониальные гидроиды.

Лишь в последнее время, когда были проведены специальные исследования механизмов обеспечения слаженного развития простых колониальных организмов, у которых нет центральной нервной системой, удалось обнаружить, сколь совершенно и значимо для сохранения органической целостности программное регулирование и понять некоторые механизмы достижения столь сложной цели. Полученные выводы теперь можно назвать очевидными, так как описываемые явления свойственны не только колониальным беспозвоночным, а встречаются повсеместно и были, как теперь понятно, у всех на виду, но до сих пор они не привлекали к себе внимания в контексте проблемы целостности биологических систем.

В основе целостности любого объекта оказывается исходная внутренняя согласованность процессов. Слаженность обеспечивается за счет 1) сходства протекающих в разных частях процессов, 2) синхронности происходящих в них со временем изменений, 3) сходной реакции компонентов целого на внешние воздействия. Специальные регуляции могут способствовать слаженности процессов жизнедеятельности в организме, но и без них организм остается вполне целостным.

Достаточно привести в пример эмбриональное развитие любого организма. Оплодотворенная яйцеклетка делится на две клетки, которые называются бластомерами. Те, в свою очередь, продолжают

делиться. Таким способом возникает комочек клеток — безусловно целостный, хотя никакие органы еще в нем не выражены. Последующее развитие выглядит как чудо, как запрограммированный автоматический процесс. У многих многоклеточных животных «комочек» превращается в полый шарик (бластулу). Потом с одной стороны шарик начинает проминаться внутрь — получается двухслойная гаструла. В то же время клетки в зародыше уже различаются и формой, и своими будущими свойствами. Затем образуются органы и нарастает специализация тканей. Все это время — от яйцеклетки до поздних стадий развития зародыша — целостность основывается на синхронности и взаимной непротиворечивости процессов.

В организме высокая степень целостности обеспечивается благодаря генетическому единству всех составляющих его макромолекул, клеток и органов. Все они произошли от одной первичной клетки и получили необходимую для развития информацию от точно определенного комплекта хромосом. Сколь это важно для успеха «бесконфликтного» сосуществования множества клеток видно на противоположном примере несовместимости тканей разных особей даже одного биологического вида. До сих пор это остается серьезной проблемой при пересадке органов и тканей.

Мультипликация макромолекул, а вслед за этим и клеток приводит к формированию целостной структуры через производство подобных друг другу (по основным свойствам) частей.

Одновременно части могут испытывать дифференцировку, специализируясь на выполнении различных функций. Но как бы далеко эта дифференцировка ни зашла, все органы изначально оказываются сходными и однотипными по своим основным процессам и реакциям.

Тем не менее простой общности происхождения недостаточно для сохранения целостности организма в течение всей его жизни. Внутри него происходит непрестанное взаимное подстраивание клеток и биологических процессов друг к другу. Среди множества однотипных клеток или частей организма находятся более активные, к ритму которых подстраиваются остальные. Это позволяет синхронизировать процессы, добиться взаимной корреляции без сложных механизмов центральной регуляции и обратной связи.

Нецентрализованная регуляция целостности основывается на том, что все составляющие целого действуют синхронно и стереотипно. Их ситуационная реакция имеет ограниченное число вариантов, которые определяются положением частей в системе.

Общая теория систем акцентировала внимание биологов на поисках методологических условий познания целостности сложных биологических систем. В рамках этой теории получила развитие концепция иерархии уровней организации материи. Общая теория систем привлекла внимание исследователей к явлению самоорганизации, мало зависящему от материальной природы систем и специфики происходящих в них процессах, а в значительно большей мере подчиняющемуся правилам передачи и переработки информации. К сожалению, общая теория систем довольно быстро зашла в тупик. Причины замедления ее впечатляющего взлета вначале были непонятны, но теперь уже можно сказать, что одна из главных ошибок и одновременно причин пробуксовывания кроется в самой методологии, а именно: безграничном приоритете жесткого детерминизма — стремлении точно определить все операции и последовательно обрабатывать информацию без учета большой роли стохастических процессов.

Благодаря достижениям кибернетики и по аналогии с работой автоматических устройств, созданных человеком, долгое время считалось, что главную роль в поддержании целостности должны играть конструктивно определенные схемы регуляции, основанные на обратных связях и последовательных звеньях переработки информации. Если это так, то число взаимодействий и массив перерабатываемой информации в любом организме практически не поддается учету и значительно превышает возможности самых совершенных современных компьютеров.

Однако резонно задать вопросы: 1) *как справляется система с переработкой столь огромного массива информации* и 2) *достаточно ли даже столь интенсивных потоков информации для обеспечения целостности системы*? На них нет пока окончательных ответов. Из теории и практики разработки автоматических устройств известно, что по мере увеличения числа контуров регуляции возрастает вероятность ошибок и сбоев. Сама сложность автоматов имеет поэтому некий предел.

Еще Эшби (1969) — один из основателей кибернетики — обращал внимание на опасность абсолютизации значения взаимных связей и регуляций внутри сложных систем. Он привел простой расчет возможного количества комбинаций взаимодействий 400 лампочек между собой. Оказалось, что этих взаимодействий такое огромное количество (10^{10120}), что они превосходят общее количество атомов, содержащихся в видимой нами Вселенной (10^{73}). Казалось бы, что уже

этих рассуждений достаточно для того, чтобы сделать вывод о возможности существования иных способов достижения целостности, кроме всеобщего и непрерывного отслеживания состояния всех компонентов, жесткого регулирования их функционирования. Однако ни сам Эшби, ни последователи общей теории систем не акцентировали на этом внимания, а если подобный вывод и был кем-то сделан, то его голос не был услышан.

Вот пример совершенно противоположного вывода на основе весьма схожих расчетов, проведенных В.Г. Горшковым. В теле человека содержится более 10^{14} клеток. Каждая из них перерабатывает порядка 10^8 бит/с, что совпадает со скоростью переработки информации компьютером середины 90-х годов. Следовательно, вместе они должны перерабатывать примерно 10^{22} бит/с. В то же время совокупные информационные потоки на всех компьютерах мира в середине 90-х годов не превышают 10^{16} бит/с. Из этого следует вывод, что «*...ни на каких компьютерах никогда не удастся смоделировать работу живого человеческого организма и тем более функционирование биоты биосферы*»[5].

Этот вывод был бы справедлив только при условии, что основу саморегуляции целостности сложных биологических систем составляют непрерывные взаимокорректировки невообразимого множества процессов.

Проведенные нами многосторонние исследования целостности колониальных организмов дают все основания считать, что не жесткая регуляция, а *внутреннее (программное) единообразие, параллелизм и синхронность процессов лежат в основе целостности сложных биологических систем, представляя самостоятельный механизм внутренней согласованности процессов, который мы называем «нецентрализованным типом регуляции»*. Этот термин уже используется в современной кибернетической литературе[6]. Нецентрализованная регуляция целостности намного более экономична, чем централизованная. Она обходится без сверхинтенсивных информационных потоков, лавинообразно возрастающей трудоемкости их переработки и неизбежных при такой сложности сбоев в управлении.

Биологические системы принципиально отличаются от создаваемых людьми устройств прежде всего тем, что каждая часть (вплоть до клеточного уровня) может иметь собственную внутреннюю программу развития и реагирования на состояние окружающей среды. Это позволяет обходиться без множества контуров связи, совершен-

но необходимых в машинах и приборах, созданных на неживой основе. Любое изменение в работе самолета, телевизора или компьютера происходит в результате воздействия из «диспетчерского пункта», будь то воля человека или программа, заложенная создателями в некоторых узлах устройства. Самопроизвольное изменение режима работы детали, как правило, связано с ее поломкой. Поэтому надежность конструкций, создаваемых людьми, зиждется на максимальной стабильности всех ее частей и агрегатов, соединенных строго определенным образом и управляемых путем передачи команд.

В биологических системах — организмах, биогеоценозах, биосфере — основные составляющие достаточно самостоятельны, т. е. обладают всеми необходимыми алгоритмами и материальными условиями для регуляции жизнедеятельности: обмена (круговорота) веществ, размножения и развития. Все части такой системы постоянно меняются. Трудно представить машину, в которой детали все время изменяются по форме, местоположению и виду активности. Но именно таковы организмы, экосистемы и биосфера! Человечество только сейчас начало задумываться о конструировании подобных устройств. Поэтому столь важно изучать примеры самоорганизации биологических систем, осуществляемой вне централизованной регуляции.

На примере низших беспозвоночных мы видим, что такого рода саморегуляция и самоорганизация возможны. В колониальном организме без участия нервной и гуморальной систем достигается эффективное соотношение различных типов частей (например: гидрантов и верхушек роста), наиболее соответствующее условиям содержания[7].

Саморегуляция основана на простом «переключении» алгоритма функционирования части в зависимости от состояния внешней и внутренней среды. Периодическая разбалансировка в соотношении частей лишь ускоряет их реакцию на происходящие «зашкаливания», что проявляется, например, в «выборе» либо в пользу образования нового зачатка боковой ветви, либо остановки роста верхушки столона или побега. Никакие централизованные команды и точность их выполнения не нужны для обеспечения пропорционального строения колонии.

Для достижения организменной целостности необходимо выполнения следующих принципов[8].

Принцип 1: Любая характерная часть системы представлена множеством однотипных элементов (в общем случае — клеток, а у модульных организмов — многоклеточных модулей), ни один из которых не имеет силы господствовать над остальными.

Принцип 2: Одинаковые элементы («полимеры») целого должны действовать на основе однотипных внутренних программ.

Принцип 3: Согласование во времени однотипных программ полимеров, необходимое для реализации взаимосодействия частей и порождающее удивительный феномен целостности, может быть обеспечено периодическими корректировками старта одинаковых процессов (например, разовыми сдвигами фаз пульсаций отдельных верхушек роста в распределительной системе гидроидов).

Принцип 4: Внутренняя дифференцировка системы достигается на основе переключений программно определенных функциональных состояний подсистем, происходящих в индивидуальном развитии или при периодических взаимных корректировках.

Принцип 5: Устойчивая целостность системы, находящейся в неравновесном состоянии, обеспечивается, во-первых, за счет изначального тождества однотипных элементов; и во-вторых, за счет взаимной дополнительности неодинаковых элементов, на чем основана интеграция системы, которая возрастает по мере усиления степени дифференцировки целого.

Многократное структурное дублирование свойственно живому на всех уровнях организации: молекулярном, клеточном, многоклеточном, популяционном, экосистемном, биосферном. На всеобщее значение полимеризации как основополагающего явления указывали множество раз. Тем не менее значение полимеризации не ограничивается а) увеличением надежности системы благодаря дублированию и б)возможностью прогрессивной дифференцировки (специализации первоначально однотипных частей), на что в основном и обращают внимание. Мы полагаем, что не менее важное значение биологической полимеризации заключается в снижении роли каждого отдельного элемента путем увеличения числа идентичных элементов. Таким образом, результат деятельности органа достигается суммированием активности множества равнозначных элементов (таких, как клетки или зооиды). Ошибки и сбои в работе отдельных элементов взаимно нейтрализуются. Это позволяет понизить требования к точности воспроизводства программы или реакции на изменения среды. Взаимосогласование осуществляется в таком случае по принципу: «эффект воздействия элемента на другие составляющие системы возрастает по мере совпадения с преобладающим суммарным воздействием всей совокупности одноименных элементов»[9].

Обнаруженные простые механизмы физиологической интеграции организма, не требующие высокой централизации, прямого управления, наличия мощных центров переработки и анализа информации, представляют общенаучный интерес. Есть основания предполагать, что принципиально такие же механизмы саморегуляции и самоорганизации действуют на различных уровнях организации материи: от атомного и молекулярного до социального, включая происхождение и эволюцию жизни, возникновение высших форм сознания, развитие государств и цивилизаций.

Действительно, в основе всех этих систем лежит в той или иной форме и степени взаимосогласование относительно независимых элементов целого, достигаемое на основе в значительной мере случайного взаимодействия, будь то движения атомов, или формирование нейронной сети в мозгу позвоночных животных, или поведение членов социума[10]. Механизм интеграции подобен взаимосогласованию множества ничтожных пульсаторов в колонии гидроидов, порождающему сильный, можно сказать «синергический», эффект — протяженное течение жидкости в длинном и разветвленном трубчатом теле колонии.

Эффект от взаимодействия может быть нелинейным, т. е. результат непропорционален воздействию, что связано с нелинейным характером изменения *степени* взаимосогласования активности элементов. Также и в социуме — не столь важно количество энергии и продукции, созданной множеством людей, как взаимное соответствие их деятельности. Используем этот пример для пояснения роли нецентрализованной саморегуляции. Казалось бы, что разумные директивы из центра способны в наибольшей степени усилить эффективность совместной работы и жизнедеятельности коллектива. Однако жесткая централизация ограничивает личную инициативу. Возможны два варианта последствий. Первый — подавление инициативы рядовых членов общества тормозит прогресс, так как всякое отклонение от привычного, в том числе и признание всякого нововведения, сдерживается громоздкой процедурой согласований для принятия решения. Второй — личная инициатива находит иные формы выражения и самореализации — вне плоскости общегосударственных задач, что также снижает эффективность планируемой совместной деятельности. Оптимальный вариант организации социума предполагает свободу личной инициативы при условии подчинения каждого общим для всех правилам поведения, предусматривающим безвредность по-

следствий частной деятельности для остальных членов общества. Это означает некоторое ограничение степеней свобод элементов, как необходимое условие самоорганизации. Важно, однако, подчеркнуть, что самоорганизация основывается на сохранении самостоятельности элементов, объединенных общей средой и едиными правилами взаимодействия.

Примером может быть поведение муравьев, стремящихся кооперативно перетащить тяжелый предмет. Результирующая согласованность действий достигается не передачей команд или централизованным руководством, а подчинением каждого муравья простым правилам поведения, ориентирующимся на доминирующий импульс. Такое поведение у социальных перепончатокрылых в англоязычной литературе получило название «Collective или Swarm Intelligence» («коллективный разум»). Оно в значительной мере основывается на методе «проб и ошибок». Оказалось, что эффективность кооперации зависит в том числе и от размеров колонии, возрастая в больших муравейниках[11].

Поведение колониальных насекомых послужило примером для создания моделей коллективной работы роботов, в основе которых оказались сходные с нашими принципы относительной независимости действий роботов, способность к переключению нескольких алгоритмов в зависимости от локальной ситуации[12].

Не надо думать, что только низшие беспозвоночные демонстрируют не столь высокую, как предполагается, внутреннюю взаимозависимость частей. Яркое описание способности сложнейшей системы функционировать после множественного нарушения связей между ее основными подсистемами дано еще нейрофизиологом Р. Сперри на примере мозга кошки: «В некоторых работах, проведенных в нашей лаборатории, мы буквально изрешетили зрительную и соседнюю с ней области коры мозга кошки с помощью иголок и булавок из танталовой проволоки. Мы втыкали в ткань коры дюжины иголок, пока она не стала похожа на густо истыканную подушечку для булавок и пока наше терпение не истощилось. Так как эти иголки были биологически инертны, мы их просто оставили в мозгу. И несмотря на это, в последующих тестах на околопороговое различение образов характеристики зрения были практически такими же хорошими, как и раньше. ...Насколько резко с этим сохранением в живом мозге организованных функций контрастирует положение, наблюдаемое в построенных человеком цепях, когда одна единственная перегоревшая

лампа или одна сломанная проволочка производят разрушительный эффект!»[13]

Р. Сперри далее перечисляет главные условия такой поразительной саморегуляции сложной системы, а именно: 1) фактор множественного соединения; 2) широкое перекрытие связей соседних элементов; 3) множественное подкрепление любой данной функции из многочисленных и разнообразных источников, каждый из которых способен самостоятельно поддерживать свою активность; 4) дублирование органов.

Как, исторической справедливости ради, не вспомнить И.И. Шмальгаузена, подчеркивавшего особую роль в регуляторных процессах полимеризации и многократного дублирования на всех уровнях организации биологической системы! Обратим внимание, что главным условием самоорганизации нормальной работы мозга оказывается дублирование элементов и процессов, а вовсе не точность передачи и переработки информации, столь необходимые в автоматах.

Основоположник синергетики Г. Хакен привлек внимание к сходству *кооперативных явлений* в неравновесных системах, используя накопившиеся к этому времени знания о фазовых переходах, гидродинамических неустойчивостях и автокаталитических реакциях.

Эти идеи получили особенно впечатляющее развитие в нейроинформатике и более всего в той ее области, которая занимается созданием искусственного интеллекта, или «нейрокомпьютеров». В основу теории были положены принципы работы нейронных сетей — совокупности равнозначных элементов, взаимосвязанных друг с другом наподобие сети. Каждый элемент (имитирующий нейрон) принимает сигналы от множества входов, суммирует с учетом их «удельного веса», может трансформировать нелинейно выходной сигнал, который в общем случае может поступать на множество таких же искусственных «нейронов». Обычно исходные сигналы одновременно поступают на множество «нейронов» и параллельно обрабатываются, а затем могут взаимодействовать на выходе. Если сигналы далее поступают к следующей совокупности «нейронов», то такая сеть становится многослойной. В подобной системе практически невозможно точно предсказать характер прохождения сигналов в различных частях устройства. Однако именно такие «нейрокомпьютеры» лучше обычных способны решать разнообразные задачи без перенастройки, «самообучаться» путем изменения параметров трансформации сигналов «нейронами» и сравнения получаемого результата с эталоном.

В последние 15 лет теория нейронных сетей находит все более широкое применение на практике: для распознавания образов, в экономике для предсказания развития рынка, при решении разнообразных научных задач, требующих не точных вычислений, а синтеза разнообразных данных, в том числе при постановке медицинских диагнозов, а также в психиатрии, в педагогике и многих других направлениях, число которых увеличивается с каждым годом. Даже философские теории вынуждены считаться с революционными открытиями, сделанными в нейробиологии и нейрокибернетике[14].

Нецентрализованная саморегуляция целостности организма достигается посредством взаимодействия множества равнозначных частей, которые большую часть времени функционируют независимо друг от друга. Периодически происходит корректировка деятельности каждой части с учетом общей ситуации в организме. Представленные данные заставляют пересмотреть устоявшиеся представления о взаимной зависимости частей как основном базисе целостности. Не высокая взаимозависимость частей, а их достаточная (в определенных пределах) автономность представляет обязательное условие саморазвития и поддержания целостности сложных систем. Множественность составляющих, их генетическое тождество, способность реализовывать несколько алгоритмов в зависимости от условий, параллелизм функционирования частей и периодическая корректировка (синхронизация) — вот основные условия нецентрализованной саморегуляции целостности биологической системы.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Шубина Г.П.* Методологическая роль категорий целого и части в решении проблемы целостности организма // Методологические проблемы современной науки. М., 1964. С. 3.

[2] Цит. по: *Перье Э.* Основные идеи зоологии в их историческом развитии с древнейших времен до Дарвина. СПб, 1896. С. 245.

[3] Там же.

[4] *Иванов А.В.* Происхождение многоклеточных животных. Филогенетические очерки. Л., 1968. С. 64.

[5] *Горшков В.Г* Физические и биологические основы устойчивости жизни. М., 1995. С. 410.

[6] *Habib M.K., Asama H., Endo I., Matsumoto A., Ishida Y.* Simulation environment for an autonomous decentralized multi-agent robotic system // Proc. 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Raleigh, 1992.

[7] *Марфенин Н.Н.* Феномен колониальности. М., 1993.

[8] *Марфенин Н.Н.* Нецентрализованная саморегуляция целостности организма // Журн. общ. биол., 2002. Т. 63. № 1.

[9] *Марфенин Н.Н.* Функционирование распределительной системы пульсаторно-перистальтического типа у колониальных гидроидов // Журн. общ. биол., 1985. Т. 46. N. 2. С. 164.

[10] *Deneubourg J.L., Goss S.* Collective Patterns and Decision Making // Ethology, Ecology and Evolution, 1989. Vol. I.

[11] *Fonck C., Jaffae K.* On the energetic cost of sociality // Physiol. Behav., 1996. Vol. 59. №4–5; *Karsai I.., Wenzel J.W.* Productivity, individual-level and colony-level flexibility, and organization of work as consequences of colony size // Proc. Nat. Acad. Sci. U S A, 1998. Vol. 95. №.15.

[12] *Dorigo M., Di Caro G., Gambardella L.M.* Ant algorithms for discrete optimization // Artif Life, 1999. Vol.5. №2.

[13] *Сперри Р.* Упорядоченность функционирования в неупорядоченных структурах // Принципы самоорганизации. М., 1966. С. 345–346.

[14] *Arianova L.* The information processing organisms // Acta Biotheor., 1996. Vol. 44. №. 2.

В.М. Эпштейн

ТЕОРИЯ СИСТЕМАТИКИ В КНИГЕ В.Н. БЕКЛЕМИШЕВА «МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМАТИКИ»

Публикация ранее не издававшегося труда В.Н. Беклемишева «Методология систематики» (1994) является в истории этой науки событием, значение которого, по всей вероятности, можно будет оценить значительно позже. С нашей точки зрения, идеи, изложенные в этой книге, намного опережают теоретические представления современной таксономической мысли, которая почти всецело вращается в поисках новых математических методов представления данных и утратила ту глубину, философскую и методологическую мощь, которая так ярко высвечивается со страниц этой книги. Поэтому биологи — и не только биологи, но и философы, историки, методологи науки должны быть благодарны творческому коллективу, усилиями которого этот замечательный труд был опубликован и тем «вырван из цепких лап забвения». Приступая к анализу содержащихся в нем идей, мы считаем необходимым сделать несколько предварительных замечаний.

1) Из большого круга идей, рассматриваемых В.Н. Беклемишевым, мы рассматриваем только те, которые имеют самое непосредственное отношение к основной цели — разработке теории систематики. Значение книги Беклемишева гораздо шире. В сущности, книга является трудом, который по своему содержанию и значению является одной из «Философий природы» и, по нашему убеждению, для будущего имеет такое же значение, как «Философия ботаники» Линнея и «Философия зоологии» Ламарка для соответствующих эпох развития биологии. Характеризуя ее значение для развития систематики, лучше всего отнести к ней слова П.Г Светлова (1963), сказанные о другом сочинении В.Н. Беклемишева — «Сравнительной анатомии беспозвоночных» и помещенные в «Методологии систематики»: «Появление этой книги В.Н. Беклемишева — событие в науке, значение которого сейчас вряд ли кто-нибудь сможет оценить надле-

жащим образом, так как для полного освоения его нужен труд, может быть, не одного поколения ученых. Эта книга относится к тому типу сочинений, в которых новыми являются не те или иные отдельные вопросы или части данной науки, а в котором вся наука в целом, столетия существовавшая до этого, подается в новом аспекте» (с. 13).

2) В анализе взглядов В.Н. Беклемишева мы жестко придерживаемся принципа историзма. Для серьезного анализа автор должен иметь свою точку зрения (правильную или неправильную), которая позволяет не только предоставлять информацию, но и осуществлять ее содержательный анализ. Это мнение совпадает с взглядами современного историка. Их суть очень четко изложил А.Я. Гуревич в статье «Жак Ле Гофф и «новая историческая наука во Франции» — послесловие к книге Ле Гоффа «Цивилизация средневекового Запада»: «...Февр и Блок выдвинули принцип «история — проблема». Историк формулирует проблему и в свете ее отбирает те памятники, анализ которых может служить источником знания по этой проблеме. Проблемы истории диктует историку современность, но она диктует... их в том смысле, что историк задает прошлому те вопросы, которые существенны для современности и задавание которых дает возможность завязать с людьми другой эпохи продуктивный диалог» (с. 353).

Наше толкование принципа историзма полностью соответствует этому определению, а его трактовка как обратной связи между настоящим и прошлым является его системной интерпретацией. Обращаясь к книге В.Н. Беклемишева, мы задаем вопросы, связанные с работой над теорией систематики, чтобы услышать его ответы и установить соответствие между ними и современными представлениями о теории систематики. «Установить соответствие» — значит с чем-то согласиться, что-то подтвердить, от чего-то отказаться, обнаружить забытые или новые идеи, которых нет в сочинениях современных авторов.

То, что подтверждается, может претендовать на статус инвариантности парадигмы.

3) Наша исходная позиция — наличие кризиса в современной систематике — полностью совпадает с позицией Беклемишева. В.Н. Беклемишев оценивал ее, исходя из той ситуации, которая складывалась в конце XIX вв. Выводы совпадают полностью: «Время для революции пришло. Положение самое напряженное. Форма систематики как науки не осознана, актуально не существует. А между тем содержание уже готово, материал лежит, затисканный в чуждые ему

формы генеалогии. Требуется лишь перевести его на язык тех понятий, которые бессознательно работали при ее возникновении, при помощи терминов, которые не создавали бы ни противоречий, ни недомолвок. Нельзя дольше терпеть состояние, когда имеется мнимая наука филогении, лишенная фактов, не объединенных в систему. Положить этому конец и является целью методологии, которая должна явиться одновременно и разрушительницей и созидательницей, в роли как критической, так и конструктивной» (с. 85).

Наши взгляды совпадают с взглядами Беклемишева еще в одном, чрезвычайно важном отношении. На I Всесоюзной школе-семинаре по теории классификации в Борке (1979) автор выступил с докладом о необходимости изучения «интуитивного классифицирования». Развитие этой темы в течение последующих лет привело к выводу о том, что биологическая систематика обладает «неявной теорией», которая может быть положена в основу современной научной теории систематики и перспективы развития которой связаны с ее дальнейшей математизацией и аксиоматизацией. Эта мысль является тривиальной, поскольку наличие теории систематики как правило либо отрицалась, либо игнорировалась. Однако именно эта мысль лежит в основе предлагаемого подхода к построению новой теории биологической систематики. В представленном выше фрагменте книги Беклемишева она сформулирована предельно ясно: такая теория существует, ее лишь надо выявить, извлечь из под филогенетических спекуляций и формализировать, используя простые и понятные термины.

Таким образом, мы устанавливаем полное соответствие между взглядами В.Н. Беклемишева и нашими взглядами в оценке сложившейся в науке ситуации, путях выхода из кризиса и подходах к построению теории систематики.

Теперь мы можем обратиться к исследованию фрагментов текста «Методологии систематики», посвященным интересующим нас проблемам. По указанной причине фрагменты из «Методологии систематики» и комментарии к ним не всегда соответствуют той последовательности, в которой изложены идеи В.Н. Беклемишева в его книге.

Эти фрагменты рассматриваются соответственно группам проблем:

I. Проблемы методологии систематики как науки;

II. Основные понятия систематики;

III. Методы систематики.

Проблемы методологии систематики как науки

Мы рассмотрим следующие вопросы: значение методологии для современной теории науки; предпосылки систематики; задачи систематики; разделы «общей практической систематики»; систематика и филогеника.

Значение методологии для создания теории науки. В.Н. Беклемишев начинает свою книгу с изложения исходной проблемы — цель и задачи методологии. Здесь высказывается убеждение в том, что методология необходима для исследователя — вопреки тому, что думали (и думают теперь) многие биологи. Эта мысль может быть принята априори, однако важно не само это утверждение, а понимание того, что именно дает биологу методологический анализ интересующих его проблем. В.Н. Беклемишев, ссылаясь на Зигварта, дает ясный ответ: «Фактически наука развивается раньше своей методологии. "Всякое техническое учение обыкновенно является позже, нежели действительное техническое применение, а он лишь сводит к правилам то, что мастера с успехом уже испробовали"» (с. 18).

Ситуация в биологии, по-видимому, отражает это утверждение более наглядно, чем «технические учения». Наука, насчитывающая в своей истории две с половиной тысячи лет, в течение которых была построена система органического мира, только теперь настоятельно требует своей теории.

«Наука развивается интуитивным применением правильных, но еще не осознанных методов, изобретаемых по мере надобности в течение работы. Методология не придумывает новых методов, она лишь отыскивает, изучает и классифицирует методы, уже работавшие при накоплении данного материала науки, но недостаточно осознанные и не выделенные как таковые. Таким образом, основной метод самой методологии историко-критический; ее материал — история науки».

«Итак, накопляется материал науки без помощи методологии, вследствие интуитивного нахождения и бессознательного применения правильных методов. Но превратиться в науку он без критики методов не может, так как только осознанность основных понятий ручается нам за их непротиворечивость, только нахождение и точная формулировка предпосылок позволяет судить о достоверности выводов, только исследование примененных нами способов мышления позво-

ляет различить привнесенное нами от того, что принадлежит самим явлениям» (с. 19–20).

В.Н. Беклемишев рассматривает ситуацию, которая обнаружилась в систематике, как общенаучное явление. Это обобщение представляет большой интерес для разработки теории систематики и общей теории развивающихся систем.

Предпосылки систематики. Создается впечатление, что эту важную проблему вообще не исследовал никто, кроме В.Н. Беклемишева. Очевидно, что его идеи по этому поводу новы и актуальны.

Сущность вопроса, им поставленного, такова: при каких условиях возникает возможность и необходимость классифицирования объектов, т. е. потребность в систематике как науке. На этот вопрос Беклемишев отвечает так: «Классификация имеет смысл только там, где многочисленные сходства выделяют группы объектов, и где такие классы различаются между собой достаточно многообразно; лишь там, где много сходств и много отличий, имеет смысл описывать объекты по степени сходств и отличий» (с. 25).

Эта мысль важна сама по себе, хотя может показаться несколько тривиальной, однако Беклемишев здесь же дополняет ее другой, имеющей очень большое значение: «Итак, первое условие целесообразности применения классификационного метода, первое *основание* для его применения — это наличие достаточного количества сходств внутри определенных объектов, то есть постоянство в соединении определенных признаков, *специфичность* их сочетаний.

Совокупностью всех признаков объекта определяется его *форма* в самом широком смысле этого слова (то есть его способ бывания (его Sosein, по терминологии Дриша)» (с. 25).

Здесь речь идет не только о целесообразности классифицирования прежде всего там, где имеется много разных объектов. Это утверждение подтверждается историей систематики: специальные занятия классификацией стали необходимыми только тогда, когда ученые достигли определенного уровня изучения объектов и открылась возможность сравнивать их сходства и различия. В ботанике это произошло в первой половине XVI в. (В. Кордус, К. Геснер); в зоологии — чуть позже, но в пределах той же половины века (Ш. Белон), хотя отдельные сравнительно-анатомические исследования были проведены еще раньше (Леонардо да Винчи). Важно и другое: классификация нужна там, где у объектов классифицирования имеются взаимосвязанные признаки, причем признаки, образующие у разных объектов «специфические сочетания».

«Второе условие — это достаточное разнообразие специфических форм. Если формы даже вполне специфичны, но малочисленны, как, например, формы энергии, нет основания для систематики как отдельной дисциплины. Но многочисленными специфические формы могут быть только при значительной степени сложности, то есть при достаточном многообразии, при достаточном числе признаков объекта. Только многообразие внутри каждого объекта создает возможность достаточного разнообразия между отдельными объектами, только сложность специфических форм обусловливает необходимость сложной таксономической группировки их. Итак, систематический метод применим в меру сложности и специфичности объектов» (с. 25).

Информационный взрыв в познании биологического разнообразия также произошел в XVI столетии в связи с изучением европейских флор и фаун, и особенно в связи с открытием Америки, изучением растительного и животного мира Северной Африки и Индии. Число известных видов растений уже измерялось не сотнями, а тысячами; увеличилось, хотя и в меньшей степени, число известных видов животных.

У Беклемишева мы находим: классификация становится необходимой только тогда, когда выясняется сложность и гетерогенность объектов, т. е. разнообразие их организации, и обнаруживается достаточно большое число объектов.

Далее Беклемишев рассматривает вопрос о тех граничных условиях, за которыми классификация становится невозможной. Разумеется, мы принимаем его представления о том, что систематика как наука может возникнуть только там, где есть условия и необходимость в разработке классификации, а последняя, в свою очередь, нужна там, где имеется много сложных и разнообразных объектов. Однако к этому решению вопроса следует сделать небольшое дополнение, которое, однако, лишь подтверждает взгляды В.Н. Беклемишева.

Это дополнение связано с проблемой искусственных и естественных классификаций. Искусственные классификации, которые создаются в качестве основы для идентификаторов (=ключей) или иных практических (с точки зрения специалиста) целей, могут создаваться для небольшого числа объектов и характеризоваться малым числом признаков — чем меньше, тем лучше — лучше всего одним-единственным признаком. Число объектов, для которых создаются искусственные классификации, также может быть незначительным, при-

чем ясно, что чем больше объектов, тем сложнее ключ, а чем сложнее ключ, тем труднее им пользоваться, т. е. он тем хуже.

Эти соображения могли бы использоваться против взглядов Беклемишева, однако искусственные классификации, как правило, создаются под ключ и являются основой для идентификаторов, и если их можно рассматривать в качестве классификаций, то от естественных классификаций они отличаются кардинально. Если же иметь в виду естественные классификации, то никаких разногласий не возникает. Очевидно, однако, что В.Н. Беклемишев имеет в виду именно естественные классификации.

Вопрос о минимальном числе объектов и признаков в естественных классификациях заслуживает специального рассмотрения.

Анализ классификации простых геометрических фигур показывает, что характеристики объектов по независимым признакам позволяют строить любые произвольные классификации объектов, причем эти классификации оказываются равноправными. Таковы все искусственные классификации, т. е. классификации, построенные «искусственным методом», как их называл Линней, у которого термина «искусственные классификации» не было — этот термин был введен позже. Таковы классификации, построенные «под ключ»: ради удобства идентификации животных их можно сначала делить по размерам или по окраске или по любому другому признаку — лишь бы их можно было легко определить до вида. В многовходовых определителях классификация вообще отсутствует — они редуцированы до идентификаторов, не имеющих никаких других функций.

Возможность классифицирования «естественным методом» появляется только тогда, когда признаки оказываются взаимно связанными, т. е. коррелированными между собой. В примере Поппера, который Гриффитс привел в качестве доказательства равноправности разных классификаций геометрических фигур, три фигуры характеризовались тремя независимыми признаками — формой, величиной и цветом. Однако для иллюстрации этой идеи можно было бы использовать минимальное число объектов и признаков: две фигуры и два признака — их форму и цвет (для двух объектов, характеризующихся одним признаком возможна только одна классификация — по этому признаку). В этом случае возможны две равноправные классификации фигур: по форме — треугольники и круги; по цвету — фигуры черные и белые. Однако было показано, что достаточно ввести третий признак, коррелированный с формой фигур (например, формулы

площади треугольников и кругов), как они четко разделятся на треугольники и круги — соответственно классификации фигур в планиметрии — а подчиненные «таксоны» выделяются по цвету. Эта классификация является единственно возможной естественной классификацией указанных фигур. Таким образом, мы полностью принимаем мысль В.Н. Беклемишева: естественная классификация каких-либо объектов возможна только тогда, когда появляется «специфичность сочетаний» признаков этих объектов.

Основные методы описания, построения классификаций и реконструкций филогенеза должны соответствовать «центральной догме» — концепции целостности организма. Благодаря идее Беклемишева, мы находим истоки представлений о целостности — о целостности в систематике можно говорить только с того момента, когда в поле зрения исследователя появляются закономерные сочетания признаков.

Итак, естественная классификация тем лучше, чем больше взаимосвязанных признаков характеризуют объекты и чем больше число объектов ею охвачено, однако выясняется, что она возможна и в случае малого числа объектов и малого числа признаков — минимум трех, из которых два могут быть независимыми, но третий должен быть жестко связан с одним из двух других.

Задача систематики. Обычно задачи систематики идентифицируются с функциями этой науки (идентификация = определение объектов = нахождение их места в системе); составление описаний; исследование сходств и различий видов; построение классификации; исследование примитивных и продвинутых признаков; построение филогенетического дерева и реконструкция филогенеза в динамике; прикладные функции.

Взгляды В.Н. Беклемишева по этой проблеме представляются автору не вполне понятными, и они, по-видимому, требуют специального и более глубокого анализа. По нашему предварительному мнению, они могут быть истолкованы следующим образом: в каждой науке можно различать два подхода к изучаемым ею объектам и характеру обобщения полученных данных: систематический и номотетический; первый описывает разнообразие объектов и их развитие, второй — на основании этого исследования устанавливает законы, соответственно которым реализуется форма в широком смысле («морфопроцесс») и ее преобразования; оба подхода связаны между собой; их соотношение в различных науках различно.

Нам представляется, что эти мысли имеют важное значение для теории систематики.

Задачи систематики рассматриваются В.Н. Беклемишевым с широких философских позиций. Такой же подход к проблеме исповедовал А.А. Любищев, и их взгляды имеют между собой много общего. Прежде всего, Беклемишев, ссылаясь на Г. Дриша, говорит о существовании двух аспектов изучения мира — номотетического и систематического. Из представления об этих двух аспектах выводятся задачи систематики как науки: «Систематика есть кратчайшее описание всех явлений по степени их сходства, номотетика — по степени постоянства их связей во времени. Систематика создает классы, номотетика — законы. Цель тех и других — охватить наибольшее количество разнородных явлений с помощью наименьшего количества терминов — экономия мысли. Они составляют два указателя к Природе, составленные по двум различным признакам. Вряд ли кто станет отрицать значение классификационного метода как вспомогательного, но многие ученые с физическим складом ума склонны считать, что, кроме вспомогательного, он никакого другого значения не имеет и иметь не может. Единственной конечной целью науки им представляется полное знание законов, лапласовская система объемлющих все мироздание уравнений. Нет сомнений, что такая точка зрения является односторонней» (с. 22–23).

«Физика является почти чисто номотетической дисциплиной, атомистика, химия или кристаллография содержат значительный элемент систематики, все отделы биологии необходимо имеют наряду с номотетической также и систематическую часть. Большее или меньшее развитие классификационной части в каждой науке зависит: во-первых, от природы объектов и, во-вторых, от степени их изученности, и определяется степенью прагматической полезности применения к данным объектам на данной ступени развития науки классификационного метода» (с. 24–25).

Здесь, по-видимому, целесообразно напомнить, что мы приняли точку зрения, согласно которой жестко разводятся понятия «систематика», «определение», «классифицирование», «построение классификаций» и «классификация». Термин «систематика» целесообразно использовать для обозначения систематики как науки или для обозначения классификации какого-либо таксона в сочетании с его названием (например, «система таксона — классификация таксона, рассматриваемая в качестве системы; идентификация — определение места

вида в системе живых существ; построение классификации — создание иерархической классификации для какого-либо таксона.

Используя эту терминологию, мы полагаем, что В.Н. Беклемишев, отделяя номотетический подход в систематике от систематического, имел в виду — судя по приведенному выше фрагменту — следующее: оба эти подхода входят в компетенцию систематики как науки и представляют два ее раздела, но значение систематического (классификационного) подхода в ней особенно велико. На основании определений Беклемишева можно сделать следующие выводы: задачи систематики как науки — описание и классификация явлений (идиография) и установление закономерностей этих явлений (номотетика систематики).

Итак, следуя за В.Н. Беклемишевым, мы можем сформулировать задачи систематики как задачи идиографии и номотетики живой природы. Их целесообразно именовать «задачи систематики» и отделить от конкретных исследовательских задач, которые целесообразно рассматривать в качестве «функций систематики». Соответственно задачам систематики в ней следует выделить два раздела — теоретическая систематика (номотетическая систематика) и практическая систематика (общая практическая систематика, по Любищеву). К теоретической систематике следует прежде всего отнести труды А.А. Любищева и В.Н. Беклемишева, а также большое число работ других авторов по теории систематики.

Разделы «общей практической систематики». Мы предложили делить систематику на три раздела: мерономию (область описаний, таксономию (область классификаций) и филономию (область реконструкций филогенеза). Это подразделение обосновывалось необходимостью соответствия между основными проблемами, над которыми работает систематик-практик и основными этапами его деятельности, и делением систематики на разделы. Принимая взгляды А.А. Любищева и В.Н. Беклемишева, мы теперь рассматриваем эти разделы как разделы общей практической систематики.

Мы предлагаем считать филономию областью пересечения систематики и филогенетики, включающей только проблемы реконструкции филогенеза. Это решение, четко определяющее границы систематики, в отношении филогенетики представляется нам предварительным, и мы готовы принять любое более обоснованное решение. В литературе по этому вопросу есть разные мнения: одни ученые считают систематику частью филогенетики, другие — филогенетику ча-

стью систематики. Разумеется, было бы целесообразно разрешить и этот вопрос, хотя его практическое значение не столь велико. Например, часть ученых рассматривают теорию систем в качестве раздела кибернетики, изучающего организацию систем, тогда как другие считают кибернетику частью теории систем — разделом, изучающим процессы управления. Автор принимает вторую точку зрения, поскольку в биологической кибернетике выделяются три раздела: «системология», «область процессов управления» и «область информационных процессов» — между этими разделами и разделами систематики устанавливается соответствие. Однако возможны и другие подходы. Здесь мы имеем аналогичную ситуацию, однако вопрос о соотношении систематики и филогенетики далеко выходит за пределы терминологии. Для его решения мнение В.Н. Беклемишева имеет большое значение. Обратимся к его аргументации.

В.Н. Беклемишев считает, что в систематике следует выделять два раздела: задача первого раздела — описание видов, второго — их классификация. Обратимся к его аргументации: «Итак, систематический метод состоит в группировке объектов на основе сходств и различий, цель систематики — наиболее краткое и полное описание данной группы объектов в прядке их сходств и различий. Но сходства и различия устанавливаются на основании сравнения объектов между собой. Чтобы сравнивать, мы должны сличить, сопоставить все признаки двух объектов, то есть описания двух объектов. Первая задача систематики — описание отдельных форм. В сущности, мы сначала создаем описания отдельных объектов, затем группируем возникшую совокупность описаний так, чтобы по возможности сократить ее без потери полноты; такая сокращенная до минимума совокупность описаний есть осуществленная цель систематики» (с. 26).

«Итак, мы будем сначала говорить об описании, затем о сравнении в пределах реконструктивной морфологии, принимая все время во внимание таксономические критерии, и, наконец, таксономии, в частности, иерархической таксономии, представляющей наиболее разработанный вид таксономии вообще» (с. 100).

Далее Беклемишев отмечает, что первая задача систематики — область конструктивной морфологии, которая в данном контексте является составной частью систематики. Приведенный выше фрагмент свидетельствует о том, что В.Н. Беклемишев за полвека до С.В. Мейена совершенно отчетливо сформулировал необходимость разграничения области описаний от области классификаций. Его конструктивная морфо-

логия принципиально не отличается от веденного Мейеном понятия мерономии. Мерономия — та же конструктивная морфология, связанная соответственно времени не только с проблемой целостности организма, но и с ее системными аспектами. Разумеется, это обстоятельство никак не уменьшает заслуги С.В. Мейена, который пришел к аналогичным выводам, не зная труда В.Н. Беклемишева. Мы приняли деление систематики в узком смысле слова на мерономию и таксономию, и то обстоятельство, что это разделение систематики было реализовано не только Мейеном, но и задолго до него предложено В.Н. Беклемишевым, лишь подтверждает правильность этого решения.

Таким образом, выделение в пределах систематики мерономии и таксономии вполне соответствует взглядам В.Н. Беклемишева. Статус филономии мы обсудим ниже.

Рассматривая систематику в целом, Беклемишев неоднократно обращается к взаимосвязи между номотетическим и систематическим подходами к изучению мира организмов: «В сущности — оба метода, номотетический и систематический, неразделимы, так как и систематика сравнивает и классифицирует не отдельные восприятия, а объекты опыта, то есть понятия, выведенные из опыта при помощи некоторого знания причинных связей; и номотетика для отождествления отдельных восприятий и целых объектов пользуется сравнением их сходств и различий. Но каждый метод в одном случае является чисто служебным, в другом — определяет собой всю конструкцию науки» (с. 24).

Мы полагаем, что на основании рассмотрения приведенных выше фрагментов текста «Методологии систематики» можно сделать вывод, который мог бы существенно углубить современные взгляды на возможную структуру будущей теории систематики: эта теория должна состоять из двух разделов:

А) номотетического, рассматривающего общие закономерности эволюции и закономерности построения описаний, классификаций и реконструкций филогенеза в виде соответствующих их значению иерархий;

Б) «систематического», рассматривающего теоретические аспекты деятельности систематики (основные понятия, объект, предмет и т. д. этой науки).

Таким образом, первый раздел должен соответствовать одному из многих значений термина «теоретическая биология». В другом — должны быть изложены эмпирические основы систематики. Мерономия, таксономия и филономия (или филогенетика?) — части второго раздела.

Соответственно общим закономерностям развития науки, на которые обратил особое внимание В.Н. Беклемишев, второй раздел по времени своего формирования предшествует второму. Можно предположить, что, когда будут разработаны оба раздела, в логическом изложении общей теории систематики эти разделы поменяются своими местами.

Мы уже видели, что выделение в пределах систематики мерономии и таксономии вполне соответствует взглядам В.Н. Беклемишева. Вопрос о соотношении классификации и филогении таксонов рассматривается ниже, однако здесь целесообразно привести высказывания Беклемишева относительно включения филогенетики в систематику в качестве ее части. В разделе «Систематика и история» читаем: «Итак, общее отношение систематики к истории таково: история высшего целого, его идиографическое описание, есть единственно возможная по отношению к единичному форма систематики: то, что мы называем морфологией. *В этом смысле история есть одна из глав систематики* (курс. мой. — *В.Э.*)» (с. 77).

Вопрос о статусе филогенетики остается открытым. Создается впечатление, что Беклемишев рассматривал всю филогенетику как часть систематики, основываясь на том, что работы по филогении носили, по существу, классификационный характер: «Но я утверждаю, и подробным анализом мог бы доказать, что та морфология конца XIX века, особенно в области беспозвоночных, памятниками которой являются большие учебники K. Et H. Lang, Mc Bride. Delage et Herouard, Gegenbaur, Wiedersheim, Шимкевич и пр., и пр., и которая сознательно являлась филогенетикой, ставила своею целью генетическую систему животных, то есть таблицу происхождения, — на деле работала методами не истории, а систематики, а потому устанавливала не реальные отношения генетические, а идеальные систематические. Вся эта школа прекрасно подвинула вперед, почти создала морфологию и систематику беспозвоночных, о которой не думала, и решительно ничего не дала для воссоздания их филогении, о чем непрестанно говорила» (с. 85).

Итак, сравнительная анатомия конца XIX в., вдохновлявшаяся идеями Дарвина и Геккеля, безусловно относится Беклемишевым к систематике. В отношении «подлинной филогенетики», как мы видели, он высказывался достаточно осторожно, указывая, что история является частью систематики в указанном им смысле. Однако мы находим еще одно подтверждение того, что филогенетика вообще яв-

ляется частью систематики: «Мы уже видели, что история *в высшем смысле слова, как идиографическое завершение биологии, есть лишь часть систематики* (курс. мой. — *В.Э.*): предмет ее — морфопроцесс Геомериды» (с. 98–99).

Таким образом, наше мнение о включении области реконструкций филогенеза в пределы систематики соответствует взглядам В.Н. Беклемишева.

Классификация таксона и его филогения. То, что описание предшествует построению классификации, очевидно. Соотношение между классификацией и филогенией спорно. В литературе существуют по крайней мере три точки зрения:

а) классификация строится по «родству», т. е. соответственно филогении;

б) классификация строится и по сходству, и по родству, т. е. строится по сходству, но изменяется как только появляются новые гипотезы (реконструкция филогенеза всегда гипотетична — так считают и биологи, и палеонтологи); классификация строится по сходству, но таксоны должны быть монофилетическими. Последняя точка зрения наиболее распространена среди современных традиционных систематиков и поэтому заслуживает специального рассмотрения;

в) классификация строится только по сходству; родство представляет реконструкция филогенеза. Таким образом, для каждого таксона следует разрабатывать две схемы (графа — дендрограммы — древа) — классификационную и филогенетическую, и устанавливать между ними соответствие.

Наша точка зрения относится к группе «в» и состоит в следующем. Напомним, что было принято утверждение, согласно которому систематика и филогенетика — относительно автономные области науки. Это утверждение, наиболее четко сформулированное Я.И. Старобогатовым, легло в основу предлагаемого разделения систематики на три отдела — мерономию и таксономию (систематика в узком смысле слова) и филономию как область интерградации систематики и филогенетики. При этом утверждалось, что сначала создается естественная классификация, на ее основе — филогения. Последняя воздействует на классификацию через ее обычный механизм — взвешивание всей имеющейся информации. Иными словами, классификация первична, реконструкция филогенеза вторична, но связана с классификацией не только прямой связью (от классификации

к филогении), но и обратной связью (от филогении к классификации), однако через обычный классификационный механизм — взвешивание все имеющейся информации.

Итак, надо сначала представить объект в неподвижном состоянии (классификация его пространства); затем классифицировать стадии его преобразования (классификация его времени); затем представить его в процессе развития (в его пространстве–времени). Такова наша концепция.

Теперь обратимся к «Методологии систематики» и рассмотрим высказывания В.Н. Беклемишева по интересующим нас аспектам проблемы.

О самостоятельности систематики как науки. У В.Н. Беклемишева читаем: «Из самого определения систематики ясно, что она представляет результат применения логически совершенно самостоятельного метода, являющегося одним из основных методов науки вообще: метод этот преследует особые задачи и не может быть заменен ничем другим. В одних областях знания его роль больше, в других — меньше, но имеет он место всюду... Возможно даже, что в биологии систематика составляет, может быть, главный и господствующий элемент (с. 80).

О причинах смешения систематики с филогенетикой. В.Н. Беклемишев высказывает мнение о том, что в результате влияния теории Дарвина в умах биологов произошло смешение систематики с возникшей на почве этой теории филогенетикой: «Два больших недоразумения возникли во время Дарвина и трансформистской школы во взаимоотношениях между систематикой и историей. Одно — в ущерб систематике, другое — в ущерб истории. Оба основаны на полном смешении обеих дисциплин и их методов. Первое из этих недоразумений — подмена системы филогенией, так называемая генеалогическая система, второе — применение методов систематики к восстановлению прошлых событий» (с. 80).

«...Настоящая путаница воцарилась лишь в середине XIX века: к этому времени, по крайней мере в области биологии, происходит интереснейшее огрубление мысли: очевидно, головы человеческие не могли как следует переварить массы хлынувших фактов и ввиду этого были приложены все усилия, чтобы затискать их хоть в какие-нибудь грубые, но наглядные схемы. Тогда-то и произошла подмена систематики филогенией: вместо системы достаточно иметь родословное дерево организмов» (с. 81–82).

О сущности подмены этих наук. Основной тезис содержится в представленном выше фрагменте. Рассмотрим высказывания В.Н. Беклемишева относительно того, что происходит в случае подмены систематикой филогенетики и филогенетики систематикой. «Если стоять на точке зрения исключительной номотетики и не признавать за систематикой никакого значения, тогда история преемственности форм свое значение причинно объяснимого факта тем не менее сохраняет. Филогения имеет самостоятельный интерес и поэтому сохраняет его и для человека, не признающего систематики. Я думаю, что на такой точке зрения отрицания самой проблемы систематики стояло большинство биологов конца XIX века и начала нынешнего. Нет надобности повторять, что я считаю ее совершенно ошибочной: сходства и отличия представляют самостоятельную проблему, систематика — неизбежную задачу. И закрывая на это глаза, мы ее этим еще устранить не можем, при этом таксономическая потребность в группировке организмов по сходству находит незаконное удовлетворение в группировке их по родству: филогения является в качестве суррогата системы и на деле оказывается недоброкачественным суррогатом. Поэтому первое, что нужно сделать, это признать задачи систематики и исследовать, какими путями они могут быть разрешены» (с. 82).

Комментируя этот фрагмент, мы должны сказать, что полностью принимаем утверждения Беклемишева, однако считаем возможным усилить его аргументы утверждением о том, что построение классификации является необходим условием реконструкции филогенеза, а также утверждением о том, что филогенетика не может не пользоваться языком систематики. Иными словами, классификация первична, реконструкция филогенеза — вторична. Таким образом, Беклемишев отрицательно относится к концепциям группы «а», сводящим систематику к филогенетике, а классификацию — к филограмме.

Рассмотрим отношение Беклемишева к теориям группы «б», утверждающим, что естественная классификация не филогения, но и не классификация, построенная только по сходству. По нашему мнению, это — эклектическая точка зрения, наиболее распространенная в настоящее время. Посмотрим, как В.Н. Беклемишев характеризует те концепции, которые мы отнесли к группе «б»: «Но тут выступает вторая возможность смешения таксономии с филогенией. Прекрасно, говорят некоторые более снисходительные трансформисты, допустим, что система, основанная на сходстве и различиях,

имеет самостоятельное научное значение, но естественной системой, соединяющей сходное и разделяющей различное, как раз и является система, основанная на кровном родстве, поэтому нет нужды в самостоятельных методах систематики, восстановим филогенез и получим систему.`

Они были бы правы, если бы мы имели ручательство, что всякое сходство между двумя организмами есть непременно следствие родства. Всем хорошо известно, что на деле обстоит наоборот, господствующим принципом филогенетического развития является параллелизм, большинство свойств основано на гомоплазии, а не на гомофилии, дивергенция представляет явление, если и не столь исключительное, как конвергенция, но все же редкое, конвергенция, хоть изредка, имеет место» (с. 82).

Эта концепция также принимается нами, за исключением утверждений о дивергенции и конвергенции. Мы считаем, что эволюция идет по пути дивергенции, однако в разных ее направлениях, соответственно адаптации разных организмов к условиям среды, наблюдается большое число различных конвергентно (параллельно) формирующихся структур и функций). Чем ближе организмы, тем более сходны независимо (конвергентно) формирующиеся сходные признаки.

Далее Беклемишев обращается к геологии и приводит примеры, подтверждающие справедливость его точки зрения на примерах кристаллографии и петрографии. Общее заключение по этому вопросу таково: «...Большая ошибка дарвинистов и [иже] с ними в отношении систематики и истории состояла отчасти в отрицании самостоятельного значения систематики, отчасти — в попытке подменить систему таблицей родственных отношений. Эта ошибка должна быть исправлена указанием на самостоятельное значение систематики и несовпадение степеней сходства со степенями родства.

Систематика, в частности систематика линнеевских организмов, представляет самостоятельную проблему, которая и разрешаться должна независимо от вопроса о генезисе, об исторической преемственности форм (курс. мой. — *В.Э.*)" (с. 84).

В этом утверждении содержится решение вопроса о соотношении систематики и филогенетики, классификации и реконструкции филогенеза с абсолютной ясностью. Точке зрения Беклемишева соответствует третья группа концепций (группа «в»), которая принимается нами в качестве основы наших взглядов по этой проблеме. Следует заметить, что Беклемишев называет реконструкцию филогенеза (родо-

словное дерево) таблицей, отмечая ее статический характер. Обычно эволюционисты считают эти схемы изображением процессов, хотя они являются классификацией стадий. Связывающие их стрелки указывают лишь направления перехода от одной стадии к другой, а не процесс как таковой.

Теперь обратимся к взглядам В.Н. Беклемишева относительно подмены филогенетики систематикой. «Вторая коренная ошибка генетической школы клонится не столько к ущербу систематики, сколько к ущербу исторического исследования. Она состоит в некритическом употреблении методов и понятий систематики (в частности — конструктивной морфологии) к историческому исследованию, к восстановлению прошлого хода биологических процессов. Психологически эта ошибка тесно связана с предыдущей, логически она совершенно независима; действительно, если признать, что систематика в смысле Кювье и нашем — псевдопроблема, тогда и методы ее, и основные понятия должны быть просто вычеркнуты. Вместо этого понятиям идеалистической морфологии было дано грубое и поверхностное толкование и методы оставлены в силе, но выводы истолкованы опять-таки произвольно. Возникла гибридная наука, действовавшая методами морфологии и создававшая морфологические понятия, устанавливавшая идеальные связи сходства и отличия, конструктивного осложнения и т. д. и все эти идеальные отношения некритически отождествлявшая с историческими фактами» (с. 84).

Далее Беклемишев подтверждает свои мысли ссылками на морфологию конца XIX в. В это время работали выдающиеся ученые, которые внесли огромный вклад в развитие зоологии. Они полагали, что пользуются методами филогенетики и развивают филогенетическое направление в науке. Однако оказалось, что их труды позволили хорошо представить планы строения различных групп организмов и их архетипы, но не объяснили происхождение ни одного класса беспозвоночных.

Беклемишев считает, что история (в конкретном случае мы, по-видимому, можем иметь в виду филогению таксона как процесс) является высшим достижением систематики, к которой она принадлежит. Для истории необходима классификация, но и для классификации, в свою очередь, необходима история. Наша схема соотношения между системой и филогенией представляется весьма близкой к этому подходу.

Итак, мы установили, что В.Н. Беклемишев давно ответил на те основные вопросы, которые в последние десятилетия были предметом разногласий и дискуссий. Он показал, что утверждение дарвинизма привело к необоснованному поглощению систематики филогенетикой. Он объяснил, каким образом осуществляется эта подмена, которая является основной помехой дальнейшего развития систематики и наносит ущерб филогенетике. Он указал на то, что система строится независимо от филогении и имеет свои цели. Ее методы, которые к тому же имеют всеобщий характер, используются и при реконструкции филогенеза. С нашей точки зрения, позиция В.Н. Беклемишева указывает единственно верный путь выхода систематики из затянувшегося на целое столетие кризиса в теории этой науки.

Ю.В. Чайковский

ТЕОРИЯ СПАСЕНИЯ ПРИРОДЫ В ВЕК ТЕОРИИ СИСТЕМ

Когда эволюционная теория опишет более серьезные факторы, чем статистические (конкуренция, мутации, отбор), тогда ею только и можно будет воспользоваться как для выработки идеологии спасения природы, так и для аналогий с экономикой. Эволюционисты уже начинают понимать, что дарвинистский язык, независимо от того, верен дарвинизм или нет, просто не относится к делу, когда строится теория эволюции (а не схема происхождения видов из рас); что теория биологической эволюции должна включать эволюцию экосистем (не имеющую почти или вовсе отношения к изменениям рас). Этот взгляд (системный) ныне достаточно очевиден, но природоспасающей теории не дал, поэтому пора начать ориентироваться в проблематике науки ближайшего будущего. А какой взгляд на природу может прийти на смену системному? Для ответа на такие вопросы надо обратиться к концепции познавательных моделей.

Познавательные модели и статистическое сознание влечет признание необходимости исходить в экономических задачах не только из стоимостных обстоятельств. Человек расходует невосполнимые ресурсы как при зарабатывании денег, так и при их трате — вот почему чисто стоимостный подход напоминает «игру в одни ворота». Столь же односторонен и чисто энергетический подход, и подход, исходящий из контроля за несколькими параметрами. Биосфера может существовать лишь целиком, поэтому охранять ее успешно можно лишь как целое, и контроль за отдельными (пусть и многими) параметрами не отвечает существу дела. По той же причине биосферу можно сохранить лишь усилиями всех людей, а не какого-то природоохранного движения или ведомства.

Но если контролировать надо целостность, то ко всем проблемам нужен совсем иной подход, нежели до сих пор предложенные. Говоря языком методологии, новый подход требует новой познавательной модели (ПМ). ПМ — это совокупность приемов и утверждений, которые для данного ученого или данных ученых настолько наглядны и са-

моочевидны, что через них принято объяснять (к ним сводить, ими моделировать) все факты и понятия. ПМ естественных наук обычно заимствуются из наук общественных и из техники. Поэтому приходится говорить о ПМ данной эпохи в целом.

До рождения европейской науки в обществе царило не оформленное логически почитание природы как благого или как злобного начала. Это почитание удобно описать как господство нулевой (донаучной) ПМ, которую можно назвать этико-эстетической (религиозной) моделью. В ее рамках мир (природа и общество) понимался как храм.

Семиотическая ПМ — такой тип описания знания, при котором мир выступает как текст, а познание — как чтение, расшифровка знаков. Эта модель исторически была исходной для европейской науки, первой научной — ею пользовались Высокое средневековье и Возрождение, когда познание понималось как разгадывание замысла Творца. С нею в науку вошли понятие закона природы и идея математизации науки. Хотя нынешняя наука, в общем-то, отошла от знаковой трактовки знания, таковая все еще характерна для начальных стадий формирования научных дисциплин. Например, она безраздельно господствовала в ранней генетике, где и сейчас термин «генетический текст» является одним из главных, хотя мы все больше убеждаемся, что представление генетической информации как линейной и знаковой чересчур упрощено. Можно называть эту ПМ схоластической (ведь под схоластикой обычно понимают приоритет знания текстов над знанием природы) и знаковой.

Вторая (механическая) ПМ сменила в XVI—XVII вв. схоластическую. Она строит систему мира, как механизм или автомат. В ее рамках утвердились принцип причинности и идея эволюции (точнее, прогресса — как социального, так и биологического). До сих пор мы говорим «понять механизм явления», хотя явление было вовсе не механическим. Идея целостности занимает мало места в данном ПМ, но все же присутствует: любой объект определяется как деталь, своим местом в целом механизме.

В XIX в. вторая ПМ обогатилась идеей устойчивости движения — стали считать реально интересными лишь те движения, которые при малых возмущениях не приводят к большим различиям в результатах.

Третья (статистическая) ПМ видит мир как совокупность балансов, средних и инвариантов. С нею в науку вошли такие понятия, как закон сохранения, торговый баланс, баланс природы, однородное и изотропное пространство, процент; позже, в XIX в. идея баланса бы-

ла уточнена в химии принципом Ле Шателье. Возникла эта ПМ параллельно знаковой: впервые понятие баланса родилось в бухгалтерии XV в., оттуда идет традиция видеть государство и природу как исконно сбалансированные Богом (прообраз идей равновесия властей и экологии) и приводить доли к единой форме — процентной. Однако эта ПМ завоевала науку лишь в XVIII—XIX вв.; она до сих пор занимает в науке центральное положение, и в ее терминах принято трактовать все, что связано со случайностью.

Четвертая (системная) ПМ видит во всем целостность, уподобляет мир организму. С нею в науку вошли идея оптимальности (экстремальные принципы) и идея самоорганизации. В мировоззрение ученых эта ПМ входит в настоящее время, хотя отдельные ее положения (например, принцип наименьшего действия) утвердились давно.

Старое понимание системности как оптимальности рождено тем направлением мысли, которое известно историкам науки как естественное богословие и впервые эксплицировано физиком и философом П.-Л. Мопертюи в 1744 г. в форме принципа наименьшего действия. Тогда, в XVII—XVIII вв., успехи естествознания, достигнутые в основном силами верующих ученых, породили желание обосновать новым знанием старую веру во всемогущество и всеблагость Бога; это желание и осуществил Мопертюи — как самим своим принципом, гласящим, что в ходе всякого механического движения минимизируется определенная величина (действие), так и его чрезвычайно широкой философской трактовкой.

Пятая (диатропическая, от греч. диатропос — разнообразный) ПМ едва нарождается и представляется мне как ПМ начала XXI в. Она видит в мире прежде всего разнообразие, видит природу как сад или как ярмарку (а не как огород или рынок), она моделирует природу обществом или иной совокупностью, в которой ни один элемент не обязателен, но в которой некоторая трудно уловимая целостность (часто — не функциональная, а эстетическая) есть.

Пропенсивная (от лат. propensio — расположение, склонность) ПМ (шестая научная) видит мир как систему предпочтений, потенций и склонностей. В рамках шестой модели однородное изотропное пространство (основное понятие физики) является лишь одной из моделей реальности, тогда как возможны другие модели мира с избранными направлениями.

В любой исторический момент обычно господствует одна ПМ (иногда две) формирующая научную парадигму, а другие — оппозицион-

ны ей, и это часто делает познание односторонним, ущербным. Хотя каждая ПМ удобна для описания лишь какого-то своего круга явлений, однако на практике господствующая модель привлекается для объяснения всего на свете. В частности, для каждой ПМ характерно свое понимание экологических тем. Заявленный в начале параграфа новый подход может быть описан как переход большинства ученых от третьей ПМ к четвертой.

Поначалу (XVII в.) статистический подход носил чисто арифметический характер — нормальный ход финансовых дел трактовался как ежевечернее равенство кредита и дебета в бухгалтерской книге. Бухгалтерский баланс есть понятие мысленное: он соблюдается (при отсутствии ошибок записи) всегда, независимо от того, богатеет заведение или разоряется. Однако этот формальный прием контроля записей помогал и понемногу превратился в новое понимание мира как совокупности балансов: в естествознании стали говорить о балансе природы (Эгертон, 1976), а в экономике — о ее рыночной природе. Затем и тут и там стали считать конкуренцию ведущим фактором развития.

На самом деле, как показал в 1970-е годы историк хозяйства Фернан Бродель (и, по-моему, убедительно), рыночная конкуренция именно в Новое время стала отходить на задний план экономики. Он писал: «...Сложилось устойчивое мнение — справедливое или не вполне, — что обмен сам по себе играет решающую, уравновешивающую роль, что с помощью конкуренции он... согласует предложение и спрос, что рынок — это скрытое и благосклонное божество, «невидимая рука» Адама Смита, саморегулирующаяся система, какой представлялся рынок в XIX веке, основа экономики... («laissez faire, laissez passer»[1])»; «И если в течение последнего полувека экономисты, наученные опытом, уже не ратуют за автоматические выгоды экономического либерализма (laissez faire), то этот миф пока еще не выветрился из общественного сознания».

Бродель привел знаменательные слова купца XVII в.: «Как только появляется конкуренция, уже не найдешь и воды напиться». Этими словами Бродель пояснял ту свою мысль, что всякое развитие сопряжено не с самой конкуренцией, а с уходом от нее.

По Броделю, «Капитализм и рыночную экономику обычно не различают потому, что они развивались одновременно — со средних веков до наших дней, а также потому, что капитализм представляли как двигатель или вершину экономического прогресса. В действительно-

сти, все несет на своей широкой спине материальная жизнь: если она набирает силу, все движется вперед; вслед за ней, в свою очередь, быстро усиливается рыночная экономика»[2].

Могу добавить: в XIX в. конкуренция была официально ограничена (картелями, синдикатами и т. п.), а в XX в. просто сошла на нет во многих отраслях экономики, уступив место монополиям. Рынок существовал всегда, а капитализму свойственно как раз резкое ограничение сферы его действия: торговля рабочей силой перестала быть торговлей самими рабочими, армия перестала быть наемной (и снова становится наемной при посткапитализме), торговля чинами стала преступлением, стали финансироваться государством отрасли жизни, до тех пор бывшие почти целиком сферой купли-продажи — лечение, обучение и культура. Почему же именно это время запомнилось как эпоха становления рыночной системы?

Думаю, что важную (если не главную) роль сыграла тогдашняя экспансия статистической идеологии. Ища повсюду баланс и его атрибуты, их находили повсюду, даже там, где мы их нынче не видим. Математическое описание понималось как нахождение условий равновесия (и в покое, и в движении), причем неустойчивое (как мы теперь понимаем) равновесие трактовалось как устойчивое. В частности, конкуренция — процесс в принципе неустойчивый, описывали как устойчивый. Точнее, положительную обратную связь описывали как отрицательную.

Только такой модой я могу объяснить тот факт, что основой, даже сутью биологического взаимодействия стали тогда считать ту же конкуренцию и что огромная антиконкурентная литература даже не критиковалась, а просто игнорировалась. В этом нет ничего удивительного, если вспомнить, что идеология не раз понуждала массу людей к делам, казавшимся потомкам абсурдными.

Звездный час третьей ПМ настал в 1859 г., когда одновременно три известных англичанина выступили со своими учениями: Ч. Дарвин — о происхождении видов, Дж. Максвелл — о движении молекул газа и Г Спенсер — об «общественном организме». Все они были ярко статистическими. Так, по Спенсеру, мозг усредняет интересы различных органов тела так же, как парламент усредняет интересы различных классов общества.

Статистическая идея представляется мне более широкой и определяющей мировоззрение, чем конкретные доктрины вроде дарвинизма или марксизма. В частности, идея конкуренции внесена в на-

уку, по-моему, не какой-то конкретной концепцией и не наблюдением фактов, а идеологией, не умевшей и не желавшей видеть целостность. В наше время третья ПМ начинает уступать место четвертой, а это значит, что обе имеют достаточно много приверженцев, чем и объясняется нескончаемый спор вокруг дарвинизма и рынка. Факт смены ПМ достаточно хорошо виден хотя бы в том, что аргументы, прежде не привлекавшие внимания, вдруг попадают в центр дискуссии. Вот пример.

В 1890 г. в Лондоне появились две работы — кембриджского экономиста Альфреда Маршалла[3] и теоретика русского анархизма П.А. Кропоткина[4], каждая из которых пыталась в своей науке поколебать мнение о благотворности конкуренции. Маршалл убеждал, что победа в рыночной конкуренции происходит не столько в силу лучшего качества или меньшей себестоимости изделий, сколько в силу «удачного начала деятельности» фирмы. Кропоткин же показывал, что ни перенаселение, ни связанная с ним конкуренция не являются в природе общим правилом (например, в холодных странах), что эволюция идет и без них. Более того, конкурентная эволюция ведет к формированию не лучших, а худших: так, выносливые животные малополезны в остальных качествах. Тогда всего этого не заметили.

Конечно, конкуренция всегда есть, но не она движет экономику, и к концу «перестройки» мы это знали. В очерках «Путешествия в глубинку» (впервые прозвучавших по радио «Свобода» в июне 1990 г.) публицист-рыночник А.И. Стреляный рассказал с изумлением, что процветающая ферма в США в смысле продукции ничем не отличается от гибнущей — ее губят побочные обстоятельства (болезнь хозяина, неудачный договор с банком и т. д.). Признают это и ведущие западные бизнесмены: по мнению одного из них, А. Московича (Франция), «все везение»[5]. То же признают, наконец, и западные экономисты: если одна марка товара вытеснила другую, это не значит, что она хоть чем-то лучше — дело в крохотной разнице побочных (не относящихся к качеству продукции) начальных условий конкуренции, причем разница по ходу конкуренции не сглаживается, а наоборот — возрастает. На языке кибернетики это значит, что конкуренция являет собой положительную обратную связь; а ведь для устойчивости нужна отрицательная обратная связь. Известно это было давно, а недавно признано и респектабельной экономической наукой[6].

Однако таковое знание почти никого не наводит на ту мысль, что конкурентная модель годна для описания вовсе не самой реальнос-

ти (экономической, экологической или иной), а лишь избранных примеров; что ни идея рыночной экономики, ни дарвинизм не являют собой ничего сверх дани, выплачиваемой нынешним обществом прошлому.

Экономический дарвинизм — так назвали недавно французы рыночную идеологию. Термин представляется мне удачным в том смысле, что подчеркивает старомодность познавательных установок наших «реформаторов». В самом деле, та идея, что собственник благотворно влияет на окружающую его экономику, а через нее — и на остальную жизнь (включая охрану природы), вовсе не взята из опыта, а выведена из идеи благотворности конкуренции, притом выведена теми же приемами, что в дарвинизме выведена идея прогресса под действием естественного отбора: в обоих случаях в основу положено чисто статистическое убеждение в благотворности того баланса, какой сам собой устанавливается, когда каждый индивид преследует личную выгоду.

В пользу такого убеждения действительно можно привести примеры (обычно их приводят из области розничной торговли и мелкого производства взаимозаменимых предметов), но ведь есть примеры и против. Кто прав? Обоснование своей позиции подбором примеров в свою пользу — негодная методология, и она наукой в целом давно отвергнута, зато, как всегда, процветает в идеологии (и религии). В частности, главная беда идеологов «перестройки», обращенная ими в нашу общую беду, видится мне в том, что они ничего не искали, а лишь подбирали примеры в пользу своего априорного убеждения, господствовавшего на Западе 200 лет назад и, как им казалось, господствующего там и поныне.

В действительности Запад давно не имеет рыночной экономики (в том смысле, как ее трактуют наши «реформаторы»), а потому и не живет по рыночной идеологии, но до сих пор пользуется рыночной фразеологией. Это не должно нас удивлять, поскольку ситуация в СССР была аналогична: мы тоже жили не в той идеологии, о которой твердила пропаганда. Об этом речь пойдет ниже, а сейчас закончим с конкуренцией.

Конкуренция в самом деле необходима — для ограничения цен (поскольку монополист склонен их завышать), но вовсе не для поиска лучших решений: для последнего важнее обмен информацией. Конкуренция и в природе, и в экономике порождает только неустойчивость, тогда как устойчивость создается сотрудничеством. 100 лет

об этом писали мыслители, но лишь сейчас данная мысль становится достоянием простых ученых.

В частности, выяснилось, что в экономике есть обширный район, где конкуренция действительно больше мешает развитию, чем способствует, и что к нему относятся как раз наиболее продвинутые отрасли — например, электроника. Американский экономист Брайан Артур, возрождая традицию Маршалла, отмечает, что экономическая наука долго игнорировала ее по чисто модельным обстоятельствам: «До недавних пор авторы учебников по традиционной экономике обычно преподносили свою науку как некую обширную ньютоновскую систему с единственным равновесным состоянием», причем в ней «неполадки или временные возмущения... быстро компенсируются противоположно направленными силами»[7]. Эту модель (явно механическую по его мнению) автор считает «фатально простой структурой, навязанной ей [экономике] в XVIII в.».

Мне остается добавить: ссылка на XVIII в. (т. е. на Адама Смита) и параллель с принципом Ле Шателье ясно говорят не о механическом, а о статистическом компоненте модели. Это характерно: почти никто из ученых не видит различия между второй и третьей ПМ. Исключение составил французский финансист и социолог Жак Аттали, различивший «ньютоново» и «гиббсово» понимание природы[8]. Вскоре американский философ Питер Рассел высказал (в своих терминах) ту мысль, развиваемую мною далее, что смитово понимание «направляющей руки» соответствовало статистическому этапу осознания социальных явлений, что в действительности «индивиды часто могут действовать против своих собственных интересов и против интересов общества в целом». По его мнению, смитова модель исчерпала свои возможности и потому будущее — за синергетической (т. е. системной) моделью развития, которая будет исходить из отказа от угнетения как людей, так и остальной природы и утвердит единство «индивид — общество — планета»[9].

Принцип Ле Шателье есть частный случай сформулированного в XX в. принципа стабилизации динамических систем с помощью отрицательной обратной связи. Однако, кроме отрицательной, бывает и положительная обратная связь, которая, как известно, дестабилизирует систему. (В химии это — реакции, ведущие к взрыву.) Именно такова роль конкуренции в высокоразвитой экономике: малая начальная удача приводит к монополии — если затраты на разработку велики по сравнению с затратами на серийное производство, то из-

делие, вышедшее на рынок раньше, побеждает на нем, даже если оно ничем не лучше (или несколько хуже) опоздавших. (Они не взрывают здоровую экономику потому, что в ней есть множество неконкурентных, стабилизирующих механизмов.) Появление принципиально новой продукции требует ухода от конкуренции. Аналогичная ситуация в биологии хорошо известна как принцип основателя и тоже, как теперь понятно, связана со временным ослаблением или прекращением конкуренции. Например, само происхождение человека трактуется как следствие ухода прачеловека от конкуренции с другими приматами.

Менее известно, что молодой Дарвин рассматривал селективную процедуру именно как положительную обратную связь — в его ранних схемах ничтожная начальная разница ведет к радикальному различию судеб — за счет божественного вмешательства; в позднейшей схеме Бог исчез, но на его место ничего не поставлено, кроме чисто статистической уверенности, что случайности сами найдут, что надо. Основанием Дарвину служила, как выяснили дарвиноведы, тогдашняя политэкономия, исходившая из идеи благотворной роли конкуренции, а вовсе не данные биологии.

В отличие от физиков-теоретиков, многие биологи-эволюционисты до сих пор уверены, что строят теорию, адекватную объекту, а не модель, поэтому поражаются (каждый раз заново, ибо не читают старую литературу), когда убеждаются, что их модель достаточно груба; что, например, дарвинский принцип (чем больше сходство рас, тем ожесточеннее борьба между ними) «действует в природе достаточно редко». В других же науках начинают понимать тот факт, что все наши построения суть модели, причем очень часто — междисциплинарные. В частности, экономические конкурентные модели иногда сознательно конструируются по аналогии с биологическими[10]. Об этом говорит и Артур, по мнению которого разрабатываемая им теория «связана скорее с современной нелинейной физикой, чем с физическими моделями традиционной экономики», и что «для такого рода экономики можно найти соответствия в теории прерывистого равновесия, т. е. в биоэволюции»[11].

Тем важнее напомнить, что в биологию конкурентная модель сама пришла из политэкономии — от А. Смита и Т. Мальтуса.

Такова обычная судьба ПМ: она входит в мировоззрение эпохи сразу по многим направлениям, причем аргументы в ее пользу ученые черпают более охотно из чужих наук, чем из собственной, по-

скольку поверхностное знание предмета позволяет не замечать противоречий и верить примитивным схемам. Мне уже приходилось писать об этом на материале взаимодействия биологии и физики[12], а теперь та же картина обнаруживается на взаимодействии биологии и политэкономии.

Баланс и конкуренция в природе и в государстве

Рассуждение о мудром рынке кое в чем соответствует истине, соответствующие примеры часто приводятся, но для нашей темы важнее указать на грубо модельный характер этого рассуждения, для чего надо привести примеры противоположного типа. Принцип личного обогащения может приводить как к выполнению данным лицом какой-то социальной функции, так и к ее подавлению. Поскольку рыночный принцип лучше всего работает в розничной торговле (где и был впервые выявлен), то приведу пример гибельности рыночного принципа тоже из розничной торговли. Таких примеров много, но я ограничусь тем, который мне лучше известен.

При советской власти в торговле подержанными книгами царил регулируемый рынок: букинистические магазины сами закупали у населения книги и в основном сами назначали им цену, 20% которой оставалась магазину. Удержание большего являлось уголовным преступлением, поэтому практиковалось лишь тайно, в отношении всяческого дефицита, и на книжную торговлю в целом влияло мало. Такая торговля сносно выполняла свою социальную функцию — обмен литературой меду специалистами: за неделю активных поисков я всегда находил нужную мне книгу (если дефицитную, то, естественно, не на прилавке). Продавцы знали, что в зале часто присутствует агент госбезопасности, и хотя это мало кого касалось (он только выявлял диссидентов), но делало невозможным открытое завышение цен.

В 1991 г. власть от регулирования рынка отказалась, и уголовную ответственность продавцов отменили по «очевидной» причине: «Не станет же собственник воровать сам у себя!». Продавцы стали завышать продажную цену против покупной в 2–3 раза, отчего их личный доход при продаже каждого экземпляра возрос в десятки раз, зато сама букинистическая торговля почти во столько же раз сократилась. Она практически прекратила свою социальную (как культурную, так

и экономическую) функцию, да и сами букинисты в основном потеряли работу; однако оставшиеся продолжают ту же тактику личного обогащения, и вряд ли «владельцы» могут что-то изменить: увольнение мало пугает продавца, да и маловероятно.

В этом примере проще всего увидеть часто наблюдаемую, но редко обсуждаемую сторону рынка: на нем легко обогатиться, подавляя обслуживаемую социальную функцию, а затем, когда она зачахнет, заняться чем-то другим. Поневоле вспомнишь афоризм, который изрек лет 150 назад английский историк и публицист Томас Карлейль: «Рынок — это анархия плюс полицейский». Без твердой власти рынок обращается в грабеж и губит дело. И это — в истинно рыночном секторе, в понятной всем и доступной глазу форме, при отсутствии рэкета. Что уж говорить о запутанных ситуациях, где рынок монополизирован или числится на бумаге (а к ним относится и «экологический бизнес»).

Вот пример посложнее, зато экологический. В ситуации с тропическими лесами роль рынка тоже прискорбна: фирмы рубят лес до тех пор, пока это выгодно, а затем покидают данное поле деятельности, оставляя после себя пустыню, разоренное население и разоренное государство. А вот что удивительно — разорение ничему не учит соседей: они покорно проходят тот же скорбный путь, одно за другим превращаясь из бедных временных экспортеров леса в его постоянных нищих импортеров.

К этому стоит добавить, что именно в США, где рыночный принцип наиболее развит, расход древесины намного превышает расход других стран: так, средний американец тратит 317 кг бумаги в год, японец 204, норвежец 151, россиянин 35, китаец 12, а индиец даже 2. Основной расход бумаги на Западе абсурден — для упаковки. Только лишь за счет внедрения уже существующих методов экономичного хозяйствования США могли бы снизить потребление леса вдвое[13].

Данное обстоятельство прямо противоположно расхожему тезису: «Не станет же собственник воровать у себя». Станет! Точнее, станет тот, кому сиюминутная выгода важнее долгосрочной, но именно такому рынок обычно и благоприятствует, ибо сам по себе рынок не может видеть будущего в принципе. Долгосрочные программы, в том числе природоохранные, реализуются потому, что государство в целом есть система, а всякая система нерыночна. Какую же роль играет в государстве рынок?

Рынок часто зовут двигателем, или движителем, экономики. В автомобиле движителем служат колеса, они сцепляют машину с зем-

лей. Двигателем всякой экономики является не рынок, а материальное производство (вспомним Броделя: «все несет на своей широкой спине материальная жизнь»). Движителем же товарной экономики, сцепляющим ее с делом добычи сырья и изготовления вещей, с одной стороны, и благополучием государства и его членов — с другой, является, на мой взгляд, не столько механизм обмена, сколько инициатива людей. Она нужна и в экономике, и вне ее; без инициативы рабочего, мастера, инженера, изобретателя, предпринимателя, банкира, чиновника и прочих ничто новое не будет сделано, сколько ни плати денег, как не поедет машина без колес, сколько ни крутись двигатель. Но именно в товарной экономике ее чаще всего недооценивают. Невнимание к производству и инициативе позволило Марксу мечтать о благах бесхозной экономики, а нашим нынешним «реформаторам» — мечтать о выходе из кризиса (экономического и экологического) через рынок, а не через инициативу людей (которая у нас по-прежнему в предпринимательстве и управлении подавляется).

Не будем винить Маркса — в его время в науке царили механика и статистика, потому и хозяйство мыслилось как машина, как равновесие средних величин, а успех удачных случайностей рассматривался как устойчивый, но не надо и повторять тогдашние ошибки. В биологии тогда превозносили Дарвина, в схеме которого также отсутствует инициатива организма (главная в схеме Ламарка), зато господствуют такие идеи, как конкуренция, удачные случайности и равновесие средних. Именно мыслители, не замечавшие инициативы, делали чрезмерный упор на конкуренцию.

Так чем же является рынок? Если уж пользоваться транспортной аналогией, то следует признать, что рынок, будучи явлением статистическим, не может служить никаким механическим средством — двигателем, движителем, рулем, тормозом. Он может быть сопоставлен с усилителем (как в тяжелых грузовиках усиливается мускульная сила руки, прилагаемая к рулю, или ноги — к педали тормоза), либо с распределителем (как единым давлением подается во все узлы смазка), т. е. может играть лишь роль подчиненную, пусть и необходимую.

Теперь, когда научным мировоззрением становится системность (желание видеть целостности), рыночная фразеология наших идеологов выглядит анахронизмом. Если бы западная экономика действительно была вполне рыночной, анахронизм еще можно было бы трактовать как искреннее желание «жить, как все живут»; но на Западе дав-

но царит иной, послерыночный строй, где вполне рыночной осталась лишь идеология, как в СССР от сталинской эпохи оставалась идеология плановая. Реально же и в нашей, и в западной экономике центральную роль играет бюрократическая структура — фирма (или корпорация, т. е. объединение фирм). Литература на сей счет необозрима, как на Западе, так и у нас, и здесь я ограничусь центральным фактом.

В 1991 г. нобелевскую премию по экономике получил Роналд Коуз (Coase) из США за теорию фирмы. Представляя лауреата, шведский экономист резюмировал: «Коуз установил, что значительная доля ресурсов используется внутри фирм. Тем самым она преднамеренно отстраняется от действия ценового механизма — рыночной системы — с целью административной координации... Фирма может быть рассмотрена как остров администрирования в море сделок, в рыночном море». Если фирма способна произвести какой-то товар дешевле, чем он продается на рынке, то его производство неизбежно выпадает из рыночного[14]. Так же понимает Коуза и наш словарь: «В противовес преобладающей в экономической литературе традиции, отводящей главную организующую и координирующую роль рыночному механизму, Коуз первым поставил вопрос об организующей роли деловой фирмы, которая может вмешиваться в действие рыночных сил... Фирма определялась Коузом как замещающая рынок организационная структура». По Коузу, фирма появляется «с целью уменьшения общественных издержек, связанных с действием рыночного механизма»[15]. Тем самым, согласно Коузу, рыночное хозяйство само собой отступает там, где эффективнее административное. В нобелевской лекции он добавил, что нынешние трудности Восточной Европы во многом связаны с непониманием того, где рынок нужен, а где нет.

Вся теория фирмы Коуза тоже носит явно не статистический, а системный характер (а признание неизбежности сочетания различных укладов даже тяготеет к диатропическому пониманию), и хочется думать, что премию дали именно за нее. Однако у Коуза есть одно статистическое рассуждение («теорема Коуза»), и, увы, лишь оно замечено нашими старомодными «реформаторами». В устах комментаторов оно приняло ярко антиэкологический характер, поэтому его надо хотя бы кратко рассмотреть.

До Коуза считалось, что предприниматель, наносящий ущерб природе, должен быть наказан; Коуз же заявил, что при этом наносится вред делу предпринимателя, и этот вред должен быть компенсирован. Поставив собственника природного ресурса и предпринимателя

в равные условия и предположив, что права обоих четко определены как права собственности, Коуз предложил передать определение размеров штрафа и компенсации рыночному механизму — так, по его убеждению, можно достичь наименьших потерь для общества. Идея вызвала жаркие споры[16].

Не будем спорить, но отметим, что в данном конфликте есть и третья сторона, Коузом не учтенная, — природа как таковая, а не как объект чьей-то собственности. Отсутствие этой стороны в спорах вокруг «теоремы Коуза» достаточно характерно: экономисты продолжают пребывать «в блестящей изоляции» и мыслить в категориях XVII в.

А вот блестящий образец российской реакции на премию Коуза: «...Рынок способен сам, без участия государства устранять внешние эффекты: заинтересованные стороны смогут самостоятельно прийти к наиболее рациональному решению. При этом не будет иметь значения, кто именно обладает правом собственности — скажем, фермеры на чистый воздух или хозяин фабрики на его загрязнение. Участник, способный извлечь из обладания правом большую выгоду, просто выкупит его у того, для кого оно представляет меньшую ценность»[17]. Как видим, нет речи даже о потерях общества, не говоря уж о потерях природы.

На чем же базируется анахронизм наших «реформаторов»? Ответ видится мне в следующем. Общество, в котором мы выросли, исповедывало планово-приказную идеологию (вторая ПМ), а Запад — рыночную (третья ПМ), хотя реальные взаимоотношения давно уже и там и тут заставили ученых разработать системные теории (четвертая ПМ). Вместо того чтобы менять один реальный механизм управления на другой, «реформаторы» сумели лишь сменить идеологему, и вряд ли могло быть иначе, поскольку от второй ПМ к четвертой прямого пути, по-видимому, не существует: исторически ПМ следует одна за другой в определенном порядке.

Это очень важно — ни мы, ни Запад не жили и не живем по тем теориям, которые проповедуются. Их назначение — чисто идеологическое, и в этом Запад от Востока мало отличается, как мало отличается наше настоящее от прошлого.

Советская система полностью подавляла инициативу предпринимателя, и популярность «перестройки» почти нацело объясняется ее девизом возродить предпринимателя. В частности, было общим убеждение (ничем не обоснованное, кроме той же идиологемы благотворности рынка), что предприниматели сопрягут требования экономики и экологии.

Это убеждение стоило бы обсудить, если бы оно не потеряло актуальность с прекращением «перестройки». Тогда ведь «государство быстро подавило социальные и экономические ростки самоорганизации (кооперативы, общественные организации, гражданские инициативы)»[18].

Это выразилось в мгновенном (в Москве — за одну июньскую ночь 1991 г.) физическом уничтожении всех ларьков, торговавших изделиями советских частных предпринимателей, едва начавших становиться на ноги. Официальный повод (неказистый вид большинства ларьков) оказался вполне достаточным — акция прошла при полном молчании общества, не заметившего, что новорожденные предприниматели были, говоря сталинским языком, «уничтожены как класс». Взамен выросли ларьки, торгующие государственной и импортной продукцией. Больше частный предприниматель не объявлялся, не родила его и приватизация. Предпринимателя сменил бизнесмен (не видящие разницы пусть глянут значение обоих слов в словаре).

Крушение прежней власти, естественно, вызвало потребность в новой идеологии, и она заимствована у Запада по тому же принципу смены ПМ, о котором было сказано: чужое берется в самой примитивной форме, его противоречия игнорируются. Естественно, что заимствовать устаревшую идеологию куда проще, чем новую практику.

Тот факт, что столь простой феномен, как положительная обратная связь, мог полвека после его формулировки оставаться непонятым и в экономике, и в биологии, а ныне осознается легко, говорит о смене способа рассуждений, господствующего в обществе, с механического и статистического на какой-то иной. Очевиден системный подход, но не он один. У Артура (как и у Коуза) по сути уже идет нащупывание подхода к следующей ПМ, диатропической. В самом деле, по его мнению, «небольшие события (исторические мутации) часто усредняются, однако время от времени они приобретают критические значения в смысле своей способности переводить те или иные секторы экономики на новые структурные уровни»[19]. В наших терминах это значит, что обычно случайности носят статистический характер (их можно усреднять), но в те критические моменты, когда положительная обратная связь обеспечивает скачок, они уникальны, требуют рассмотрения диатропической случайности[20]. В биологии уже ясно, в чем состоит скачок — не в усреднении, а (если речь идет о происхождении видов и других таксонов) в выстраивании гомологических рядов Н.И. Вавилова и рефренов С.В. Мейена. В экономике подобные ряды тоже начинают строить.

Важно понять, что нельзя объединять под одним словом «конкуренция» все формы столкновения интересов (что, к сожалению, мы видим и в экономике, и в биологии): борьба корпораций за рынки, как и борьба между крупными таксонами в экосистеме (например, между хвойными и лиственными), не имеет ничего общего с той индивидуальной конкуренцией, на которой основывали свои учения Смит и Дарвин. И если их модели имели в свое время познавательное значение, пусть и грубо приблизительное, то распространение их последователями идеи борьбы на все уровни видится мне не более чем издержкой статистической ПМ.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Позвольте действовать, позвольте [делам] происходить — франц.

[2] *Бродель Ф.* Динамика капитализма. Смоленск, 1993. С. 48, 62, 67.

[3] *Marshall A.* Principles of economics. L., 1890.

[4] *Kropotkin P.* Mutual aid among animals // Nineteenth Century, 1890, Sept., Nov. Les Nobel prix 1991. Stockholm, 1992.

[5] *Москович А.* Этика предпринимательства // Аргументы и факты. 1990, № 36.

[6] *Артур У.* Механизмы положительной обратной связи в экономике // В мире науки. 1990, № 4.

[7] Там же. С. 66.

[8] *Attali J.* Les trois mondes. Pour une theorie de l'apres-crise. Paris, 1981.

[9] *Russel P.* The global brain: speculations on the evolutionary leap to planetary consciousness. Los Angeles, 1983.

[10] *Юданов А.Ю.* Типы конкурентной стратегии: «биологический» подход к классификации компаний // Мировая экономика и международные отношения. 1990, № 10.

[11] *Артур А.* Механизмы положительной обратной связи в экономике. С. 60, 66.

[12] *Чайковский Ю.В.* Идея равновозможности в физике и биологии // Физическое знание: его генезис и развитие. М., 1993.

[13] Экологическая антология. Экологические произведения западных авторов. Гуманитарная инициатива Golubka. М. — Бостон, 1992. С. 201–202.

[14] Les Nobel prix, 1992. С. 184–185.

[15] Нобелевские лауреаты. М., 1994. С. 199.

[16] *Давтян Х.* Рыночные инструменты защиты окружающей среды // Зеленый крест. 1995, № 4.

[17] *Капелюшников Р.* Сотворение рынков // Независимая газета. 1991, № 6.

[18] *Яницкий. О.Н.* Экологическое движение в России. М., 1996. С. 78.

[19] *Артур А.* Механизмы положительной обратной связи в экономике. С. 66.

[20] *Чайковский Ю.В.* Ступени случайности и эволюции // Вопросы философии. 1996, № 9.

Е.Р. Карташова, А.В. Олескин, М.В. Гусев

БИОСОФИЯ

В конце XX в. в эпицентр человеческого существования встали проблемы культуры, основанные на ценностях биоса. Чтобы стать достоянием большей общности людей, которые имели бы полное право называть XXI в. эрой биокультуры и экологической безопасности, необходимо научно-философской базе биологического знания обрести более широкую гуманитарную направленность. Этим целям служит интегративная биология и одна из ее граней — биософия.

Биософия представляет интегративную, осмысленную с позиции философии систему знаний о жизни, основанную на изучении многоуровневых объектов биоса, являющихся носителями жизни.

Биософия предполагает понимание мира, основанное на высших естественных ценностях бытия. Являясь частью биоса, человек, реализующий свое созидающее начало, должен стать его гарантом. Биософия стремится развить глубокое и всестороннее понимание уникальности жизни организмов, населяющих Землю, способа их существования, их сложность и хрупкость, тем самым закладывает идеалы реального гуманизма. Биософия стремится пробудить любознательность, интуицию, любовь к биосу, развить инстинкт самосохранения путем осмысления своего единения со всем живым. Это можно назвать этико-философской доктриной биософии, связанной с идеей благоговения перед жизнью, выдвинутой А. Швейцером и рассматривающим ее как базис новой культуры.

Понятие «биософия» в какой то мере синонимично понятию «биофилософия»; и то и другое представляет концептуальный синтез биологии и философии и в настоящее время выходит на широкий мировоззренческий уровень осмысления феномена жизни в планетарном масштабе как уникальной ценности. При этом философия вносит оценочный момент в понимание жизни, ее места и роли в мироздании и мировоззрении. Если биофилософию можно представить как комплексную, интегративную, биологически ориентированную междисциплинарную отрасль знания, вскрывающую мировоззренческо-методологические, гносеологические, онтологические и аксиоло-

гические проблемы бытия Универсума через призму исследования феномена жизни, то биософия объективирует отдельные грани извечной проблемы специфики живого, помогая создать общие представления о живом. Биософия включает в себя некий костяк понятий.

Само понятие «биос», введенное в международную практику президентом-основателем Биополитической Интернациональной Организации доктором Агни-Влавианос-Арванитис, обозначает «совокупность всех форм живого на планете», которую Арвантис уподобляет единому телу.

В России слово «биос» для обозначения совокупности планетарной жизни широко использовали русские религиозные философы («софиологи») на рубеже XIX–XX вв., в частности П.А. Флоренский. «Биос» представлял собой нечто большее, чем все взятые вместе животные, растения и микроорганизмы планеты Земля, — речь шла о вселенской стихии, одушевляющей и одухотворяющей материю. По словам Флоренского, вся природа одушевлена, вся — жива, в целом и в частях. Все дышит вместе друг с другом. Энергии вещей втекают в другие вещи, и каждая живет во всех, и все — в каждой.

Черты, характерные для всего биоса, лежат в основе концепций и логических связей, присущих живым системам и отличающие их от неживых. В совокупности они составляют базисные концепции биологического знания и являются фундаментом философских представлений о биосе.

Например, в 1964 г. экологами был предложен термин «коэволюция» как взаимное приспособление видов, при котором они становятся взаимно необходимыми, результатом чего являются взаимные адаптации видов, обеспечивающие возможность их совместного существования и повышения устойчивости биоценоза как целостной биологической системы. Далее биологи прослеживают коэволюционные процессы на генномолекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровнях вплоть до биосферы.

Эти данные получают философское обобщение, становятся базисными концепциями биологического знания. Философская мысль подхватывает, развивает идеи коэволюционной стратегии природы, проанализированные и обобщенные биософией, создается новая парадигма XXI в. Следовательно, биософия помогает созданию целостности представлений о живом, несмотря на многообразие, созданию системы обобщающих суждений об организации живого с момента начала биологической эволюции.

Установка на абсолютную ценность биоса во всех его формах, на понимание человека и человечества как его части планетарного биоса, лежит в основе идеи биоцентризма.

Представление о гуманистике — подходе к живым существам , как к родственным человеку и сходными ним, с подключением способности к эмпатии (сопереживанию) — разрабатывается А.В. Олескиным.

Биософия отходит от частных проблем, связанных с отдельными сторонами деятельности живых систем, и рассматривает их общие свойства. Многие из рассматриваемых понятий еще не установились, биософия продолжает развиваться и углубляться. По-прежнему основным вопросом биософии остается специфика жизни. К живому у нас имеется особый внутренний доступ — мы познаем его не только логическим анализом, но и через сопереживание. Отсюда специфику живого мы ощущаем как одушевленность.

Исследователи — биологи, физики, химики — подвергли анализу свойства живого и убедились, что отдельные признаки жизни присущи и неживой природе, однако только в совокупности, в целом они могут характеризовать живое. При этом сразу же подчеркнем, что целое больше суммы его частей, объединенных системообразующими связями.

Посмотрим глазами ученых различных научных дисциплин на эти основные свойства живых организмов. Организм — носитель реальной жизни, ее комплексной отдельности. Причем жизнь каждого организма ограничена сравнительно небольшим временным отрезком (часы, годы), напротив, сообщества таких организмов подвергаются естественному отбору, срок их жизни во многом зависит от условий среды обитания, к которым они адаптированы, при этом временные отрезки их существования исчисляются тысячелетиями и миллионами лет. Основной единицей, служащей объектом изучения в биологии, является непрерывная пространственно-временная конфигурация — биологическая система, связывающая родительский организм с его потомками, вернее, сообщество таких организмов.

Поэтому биологи рассматривают жизнь как способ существования совокупности организмов планеты (биологической системы) и отдельного организма (биологического элемента), состоящий в сохранении ансамбля специфических внутрисистемных отношений.

Иной аспект в трактовке жизни выделяют физики. Жизнь, с точки зрения физика, — это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упоря-

доченности к неупорядоченности, но и на существовании упорядоченности, которая поддерживается все время. Для физика живой организм представляется макроскопической системой, частично приближающейся в своих проявлениях к чисто механическому поведению, к которому стремятся все системы, когда температура приближается к абсолютному нулю и молекулярная неупорядоченность снимается.

Биохимики также отмечают, что организация живого отражается в упорядоченности структуры и функции любого организма. Упорядоченность структур и функций сохраняется и поддерживается за счет постоянного обмена веществом, энергией, информацией со средой обитания.

Довольно общим представляется определение жизни с точки зрения генетиков. Согласно воззрениям одного из ранних генетиков Г. Меллера, система может быть названа живой, если она обладает специфичностью и может передавать эту специфичность потомству и если, кроме того, специфичность может претерпевать изменения, с тем чтобы измененная специфичность также передавалась потомству. Сейчас заменив слово «специфичность» термином «информация» можно сказать, что система может быть названа живой, если в ней закодирована передаваемая по наследству информация, если эта информация иногда претерпевает изменения и если измененная информация также наследуется. Это очень важное, необходимое свойство живого, но не менее важно и то, что организмы активно реагируют на среду обитания, им присущ рост и развитие во времени.

Если рост кристалла осуществляется путем добавления подобных себе или сходных единиц, то у организмов возникают новые структуры, отличные от породивших их структур. Организмы адаптированы к своей среде.

С точки зрения философа, жизнь следует рассматривать, как самосовершающийся процесс, обладающий не только внутренними движущими силами, но также самоуправлением, свойством самоорганизации. Однако его эндогенная (внутренняя) детерминация управления ограничена — только Вселенная обладает абсолютно полной самодетерминацией — и, как у всех конечных материальных систем, всегда дополняется экзогенной (внешней) детерминацией. Экзогенное влияние на живое в конечном счете является решающим в общем ходе его эволюции.

Завершить представление о специфике живого нам бы хотелось словами В.И. Вернадского, ученого с космо-планетарным понимани-

ем жизни, который подчеркивал, что жизнь есть результат сложного взаимодействия сопряженной эволюции целого ряда космических и земных факторов. Он писал, что на основании всего эмпирического понимания природы необходимо допустить, что связь космического и земного всегда обоюдная и что необходимость космических сил для проявления земной жизни связана с ее тесной связью с космическими явлениями, с ее космичностью. Необходимо с большей осторожностью относится к среде обитания живых организмов, постоянно заботиться о сохранении систем жизнеобеспечения Земли, ибо без этого может возникнуть экологическая катастрофа для большинства биологических видов.

Для биософии характерно общее рассмотрение организации живого. Основное условие возникновения и существования организации — наличие способных к взаимодействию элементов. Для возникновения простейшей биосистемы требуется взаимодействие элементов, как факт их совмещения. Процесс организации (самоорганизации) идет обязательно с участием большого числа элементов, преимущественно однородных и, следовательно, определяется совокупным кооперативным действием элементов. Чтобы подчеркнуть это обстоятельство Г. Хакен ввел специальный термин «синергетика». В процессе взаимодействий возникают новые свойства элементов. Благодаря тому, что в биосистеме свойства отдельных элементов проявляются как функции, система оказывается организованной. Без актуализации функций нет организации.

При этом под организованностью биосистемы как целого понимается свойство быть больше суммы своих частей — подсистем (элементов), т. е. система приобретает новые свойства, отсутствующие у частей — подсистем. Совместное действие многих подсистем может привести к возникновению структуры и соответствующего функционирования системы как целого.

Характерной чертой организации живого является единство внешней устойчивости и внутреннего самодвижения. Чем выше единство внешней устойчивости и внутреннего непрерывного самодвижения, тем выше организованность биосистемы. Внутреннее самодвижение выражается в высокой динамичности взаимодействия элементов, составляющих целостную, высокоупорядоченную пространственно-временную систему. Отечественный биолог-теоретик И.И. Шмальгаузен выделил следующие принципы организации живого: увеличение числа однородных композитов, дифференциация, т. е. разнообразная

специализация этих компонентов, и интеграция, т. е. согласование и объединение их функций в целостной организации.

Дифференциация однородных элементов и их функционализация имеют место при усложнении организации, развитии биосистем. Это отражает динамическую сторону организации.

Другой принцип организации биосистем состоит в том, что функции дифференцированных элементов должны быть сосредоточены (направлены) на сохранение и поддержание организации биосистемы как целого. В развитии живого этот принцип реализуется через интеграцию дифференцированных элементов: тканей, органов для организма и организмов, если биосистема — популяция. Данный принцип реализуется за счет регуляционной стороны организации биосистем.

О степени организованности биосистем можно говорить в зависимости от выбора основного критерия организованности. Отметим, что в выборе основного критерия организованности биосистем в литературе по биософии не встречается полного единодушия. Степень организованности биосистем одни авторы определяют тем, насколько целое по совокупности свойств разнится от суммы своих частей (подсистем).

Другие отмечают, что степень организованности биосистемы тем выше, чем выше устойчивость структуры ее элементов и подвижность их функций, сосредоточенных на сохранении свойств системы как целого.

И, наконец, степень организованности биосистемы рассматривают как способность ее удерживать свои специфические особенности, противодействуя внешним факторам, стремящимся их нарушить. При этом каждый из приведенных критериев является справедливым, но не исчерпывающим для полной характеристики степени организованности биосистем.

Важно отметить, что каждому уровню развития биосистем соответствует своя организация, включающая различные формы. Отмечают две основные формы организации, характерные для биосистем: централистскую и скелетную, или ацентричную. Примером первой могут служить: ферментная система с реакционным центром, клетка с организующим центром — ядром, организм животного с центральным отделом нервной системы, для биосоциальных систем — пчелиный рой с маткой, стадо с вожаком и т. д. Пример второй формы организации — пространственная структура биомолекул, клетка с оболочкой и органоидами, моллюск с раковиной и т. д.

В биосистемах обе эти формы организации находятся в тесной взаимосвязи. Централистская форма организации доминирует там, где элементы биосистемы сильно дифференцированы. При однообразии элементов превалирует скелетная форма организации.

Еще раз отметим, что важным принципом построения биосистем является кооперация которая прослеживается у эукариотической клетки, бактериальной колонии, человеческого общества. Это дало основание П. Корнингу подобную организацию биосистем отнести к социальной организации со своими пространственно-временными параметрами в зависимости от иерархического уровня.

Для биософии также характерно рассмотрении временной организации живого. Время, являясь реальной материалистической сущностью, обладает топологической и метрической структурой. Топологические свойства наблюдаемого нами времени — одномерность, непрерывность, временная упорядоченность, однонаправленность, метрическое свойство — однородность.

В.И. Вернадский и другие ученые отмечали, что существуют различия пространства—времени живого и неживого. Имеются факты, подтверждающие отличие топологических и метрических свойств времени живых систем от неживых. Биологическое время неоднородного и течет неравномерно, что обусловлено беспрерывным изменением организма (рост, деградация) и способностью накапливать информацию.

В живых системах «нарушается» одно из важнейших топологических свойств времени — временная упорядоченность.

По И. Земану, накопление информации в биологической системе означает замедление времени; при развитии организма одинаковому количеству физического времени соответствует все большее количество поглощаемой и накапливаемой информации. Время в период накопления информации биосистемой замедляется, а потеря информации ведет к ускорению хода времени. Наиболее наглядно эти особенности биологического времени и информации выражены в половых клетках — гаметах. Как известно, процесс образования половых клеток сопровождается переносом информации о свойствах и будущем развитии дочернего организма из родительского в специализированную клетку — гамету (яйцеклетку или сперматозоид). В гаметах в кодированной форме сосредоточивается информация о будущем развитии организма-потомка, его пространственно-временные параметры: скорость, ход, направленность, смена стадий процессов

и т. д. В самих гаметах время замедляется благодаря колоссальному объему информации, заложенной в них. Можно предположить, что в гаметах время (или его кодирующие аналоги) «сжато», «сконденсировано» до того момента, когда оно начинает проявляться в развивающемся зародыше. Не исключено, что происходит это за счет изменения геометрии «пространства—времени» генетически кодирующих структур. Вполне возможно также, что в гаметах временной процесс «свернут» в пространственный процесс, благодаря чему информация может храниться длительное время.

Таким образом, на молекулярном и клеточном уровнях обнаруживаются необычные связи биосистем с реальным физическим временем и пространством и их необычные способности изменять внутренние пространственно-временные параметры. В более наглядной форме это проявляется на организменном уровне, в особенности при психической деятельности, при которой отмечается уникальная способность человека взаимодействовать со временем и пространством, но данный материал выходит за рамки нашего рассмотрения. Для дальнейших наших рассуждений важно отметить, что живые организмы развиваются и эволюционируют при положительном мировом ходе времени.

Биософия подчеркивает историчность живого, биос зависит от прошлого с одновременным преодолеванием этой детерминации, обусловленности. Память о прошлом не препятствует творчеству нового, но вплетается в это творчество. Воздействие на живое по-разному влияет на него в зависимости от состояния живого, от его предшествующей истории. Наличие истории не служит критерием, разграничивающим область живого от области неживого.

В развития биоса есть как бы два ряда: эволюционно-исторический и индивидуальный, в биологической трактовке — филогенетический и онтогенетический. Прослеживаются связи между историко-эволюционными процессами и ходом онтогенеза любого организма.

В 1864 г. Ф. Мюллер установил, а через два года Э. Геккель сформулировал биогенетический закон: онтогенез всякого организма есть краткое и сжатое повторение филогенеза данного вида. Иными словами, индивид в своем развитии повторяет (в сокращенном и закономерно изменном виде) историческое развитие своего вида. Среди большого числа типов абиотических систем имеются аналоги биогенетического закона. К таким аналогам относится сформулированный Д.В. Рундквистом геогенетический закон: минералогические процес-

сы в короткие интервалы времени как бы повторяют общую историю геологического развития. Прослеживая линии индивидуального развития разнообразных типов систем, можно убедиться в том, что биогенетический и геогенетический законы имеют много аналогов. Аналогично развиваются экосистемы в ряду сукцессии, происходит познание мира ребенком.

Закрепленность пути индивидуального развития живого очевидна. Она выражается в эволюционно-исторической «памяти» биосистем. На этой основе существует закон последовательности прохождения фаз развития: фазы развития биосистем могут следовать в исторически закрепленном (генетически и физиолого-биохимически обусловленном) порядке. Нельзя отклонить направление развития. Однако в биологии развития понятие о детерминации является отражением того обстоятельства, что из общего запаса наследственной информации, свойственного данной биосистеме, исторически закрепленной, фактически реализуется только ее часть, причем она варьирует в зависимости от этапов онтогенеза и может изменяться при изменении внешних и внутренних условий. Детерминация при развитии биосистем во времени обозначает приобретение этой системой состояния готовности к реализации вполне определенных наследственных потенций и выбору пути развития из нескольких потенциально возможных, в значительной степени определяемого предысторией системы.

Неотъемлемой частью биоса является его континуальность. Живое континуально в том смысле, что оно «разлито» в мире. «Разлитость» жизни проявляется в том, что она не кончается там, где кончается организм, ее носитель. В пространственном аспекте вокруг каждого живого организма существует зона (умвельт), в которой вещество, энергия, информация ведут себя не так, как в более удаленных от живого тела областях пространства. Континуальность жизни не означает отсутствия границ (пространственных, временных, таксономических). Живое пронизано внутренними границами, но они, как правило, отличаются нестрогостью, проницаемостью. Сколько отверстий для прохода сосудов, нервов, спинного мозга и т. д. имеет череп, отдельные отсеки (компартменты) клеток имеют каналы, поры, активно действующие переносчики для обмена веществом, энергией, информацией. У живого имеются возможности активного открытия и закрытия таких каналов или пор, имеется, выражаясь социоморфно, автономный «пограничный контроль».

Таким образом, континуальность, разлитость по миру биологического начала связана не с отсутствием в нем границ, а с их нестрогостью, пушистостью. Представляется, что человек может и должен обращать внимание не только на существование границ внутри живой природы, между ней и иными мирами, но и на их нестрогость, преодолимость, на возможность «прорубания окон» между природой и социумом.

Приведенные примеры позволяют увидеть мир с позиции биоса, но для этого нужно не только осмыслить, но и прочувствовать основные положения биософии, бизирующиеся на биоцентрическом мировоззрение, осознать полную взаимосвязь и взаимопроникновение биоса и среды обитания, их коэволюционную взаимосвязь.

А.Е. Седов

ЧАСТИ И ЦЕЛОЕ В БИОСИСТЕМАХ: ЧЕГО НЕ ЗНАЛ Л. ФОН БЕРТАЛАНФИ

Цель данной работы — постановка общего круга функциональных задач, охватывающих разные комбинации структурных уровней биосистем и при этом логически сходных. Её предметными областями должны стать генетика, биология развития, экология и биоценология, концепции эволюции. Ниже сформулированы такие конкретные биологические задачи и предложен путь их решения — межуровневые аналоги, опирающиеся на биосемиотический историко-биологический подход.

Философские термины «холизм» и «редукционизм» нам, биологам, необходимы, но явно недостаточны, так как наши объекты — это многоуровневые иерархии: структурные, функциональные и классификационные, причем в этих трех аспектах какая-либо одна и та же биосистема представима неизоморфными графиками.

Сколько структурных уровней можно выявить в биосистемах? По Н.В. Тимофееву-Ресовскому — 4[1], по Р.Л. Берг — 8[2]; анализ терминов генетики показал, что даже лишь в генетических системах их 9[3]. Каждая из этих шкал уровней по-своему логична; суть всех наиболее фундаментальных биологических метапроблем — это конкретные взаимодействия между уровнями. Так, даже для двухуровневых систем «ген — хромосома» анализом метафор в монографии Р.Б. Хесина выявлен как впервые описанный Стёртевантом еще в 1925 г. «холистический» эффект положения, так и еще никем не названный «редукционистский» метафеномен — дестабилизация различных целых геномов в результате перемещений лишь для некоторых их мобильных элементов.

Известно, что применение классической теории информации в биологии не решало проблем семантического веса (ценности) того или иного элемента в контексте той или иной системы[4]. Интересный количественный подход к этому с соответствующими формулами предложил в 1970–80-х годах наш соотечественник, биофизик М.В. Волькенштейн — не только для биологических информационных

макромолекул, но даже для поэтических текстов (!). К сожалению, за рубежом эти работы практически не известны, хотя однажды они были опубликованы и на английском языке[5].

Для биосистем различных структурных уровней типично то, что среди этих элементов есть как малозначимые, так и «ключевые» — типа «мал золотник, да дорог»: имея те же размеры, что и прочие элементы данного уровня, они чрезвычайно важны, а их повреждения приводят к каскадам событий в духе английской песенки: «Не было гвоздя — подкова пропала...». Вот лишь несколько примеров разных уровней. Мутация в 8-м нуклеотиде (3-м кодоне) гена, кодирующего белок Haras, делает его онкогеном — развивается рак. Небольшие количества этанола выводят из строя сложнейший ансамбль макромолекул, составляющих 100 миллиардов клеток мозга, — личность алкоголика деградирует. Болезнь Альцгеймера зависит от мутаций всего лишь в трех генах, особенно — гена пресенилина; синтезируясь в избытке, белок бета-амилоид рвет синаптические связи, разрушая сложнейшие информационные сети мозга, и личность тоже стремительно деградирует. Интродукция в США всего лишь нескольких китайских каштанов, пораженных желтым трутовиком, уничтожила биоценозы — гигантские леса не устойчивых к нему американских зубчатых каштанов; подобные примеры — интродукция кроликов и кактуса опунции в Австралию (в Израиле, однако, опунция «скромно вписалась» в биоценозы), лианы пуэрарии и водяного гиацинта в США и т. д.[6].

Смысл и ценность элемента могут быть обусловлены им самим и/или зависеть от контекста той или иной донорной и/или реципиентной системы. Так, с одной стороны, каждый триплет нуклеотидов кодирует определенную аминокислоту или окончание синтеза белка; есть консенсусы — «ядра» для репликаторов и т. п. Однако вставка одного и того же олигонуклеотида в разные контексты — функциональные последовательности ДНК — приводит к разным последствиям: в промотор — изменятся условия включения гена как целого (полное выключение или неконтролируемый синтез, или термоустойчивость и т. п.); в белок — кодирующую часть — появление триплетов или изменение конформации (если эти аминокислоты — «неподходящие»), или сдвиг рамки считывания и порча белка ниже вставки (если число нуклеотидов во вставке не кратно 3); в интрон-экзонную границу — дефект сплайсинга и увеличение и тоже порча белка из-за «экзонизации» интрона и т. п. Подобным же образом различны судьбы биоценозов Австралии и Израиля, в которые ввели опунций, а так-

же самих этих опунций, в зависимости от «контекстов» — предшествовавших структур этих биоценозов. В целом феномены «текст—контекст» — это предмет семиотики.

Здесь предлагается ввести для всех биологических явлений общий термин: гетерологичные транспозиции (ГТ). В отличие, скажем, от симбиогенеза клеток эукариот, от соединения двух целых наборов генов при скрещиваниях близких видов или от интерградации целых фаун и флор Северной и Южной Америки — все ГТ характерны тем, что 1) перенесен лишь сложной биогенный элемент в еще более сложную биогенную систему; 2) каждый такой перенос антропогенен. Естественно, наиболее интересна совокупность самых гетерологичных ситуаций с максимальными семантическими весами.

В целом история ГТ связана с историей преобразующей деятельности человека, причем общий вектор из развития направлен «вглубь» — от макро- к микроуровням биосистем. В различных надорганизменных системах — это история интродукций видов в новые климаты, ландшафты и биоценозы; они происходили в течение всей человеческой истории, а особенно интенсивно — начиная с эпохи великих географических открытий. В экспериментальной внутриорганизменной биологии — эмбриологии и биологии развития — это история трансплантаций одних тканей органов на место других, с изучением эмбриональной индукции, компетенции тканей, гистосовместимости и т. п., начатых в начале XX в., вплоть до трансплантаций имагинальных дисков насекомых, создания аллофенных химер млекопитающих (с 1960-х гг.), современных разработок по ксенотрансплантациям их органов и по клеточно-эмбриональному клонированию. В молекулярной генетике это история трансформации бактерий (Гриффитс, 1928; однако как аналитического исследовательского метода — лишь с 1970-х), а теперь и трансгеноза — в зиготы и развивающиеся из них организмы эукариот, а также в их различные отдельные соматические ткани (начиная с 1980-х).

Покажем, что эти межуровневые аналогии могут стать полезными для исследователей-эмпириков. Сначала рассмотрим все типы возможных ситуаций на метафорическом, вполне семиотическом примере: гетерологичной транспозиции сложных смысловых структур — текстов. Допустим, фрагмент романа М. Булгакова «Мастер и Маргарита» вставлен в роман Л. Толстого «Война и мир». Метафорой жизнеспособности будет осмысленное восприятие всего текста. Логически — возможны лишь три исхода.

1. Вставка игнорируется — роман читается далее. («Репрессия» вставки).

2. Вставка настолько диссонирует с предыдущим текстом, что весь роман отбрасывается как абсурдный. (Вставка противоречит внутренним самосогласованным законам системы и потому приводит к её гибели.)

3. Вставка вызывает новые нетривиальные ассоциации с контекстом, придавая всему «внешнему» тексту новый смысл. (Вставка изменяет свойства всей системы, не губя её, и, возможно, модифицирует и собственный смысл.) Этот случай крайне редок и нетривиален, и он обязательно понижает «жизнеспособность» текста — его общую познавательную и художественную ценность — по сравнению с обоими донорными текстами.

На примерах интродукций видов (а их — множество) мы видим, что тот или иной интродуцент либо «очень скромно вписывается» в чужой природный биоценоз, либо разрушает его, либо истребляет какие-либо его автохтонные компоненты. Как известно и из экологии, и из общесистемных моделей, такое снижение биоразнообразия — всегда показатель снижения устойчивости. Случаев усиления устойчивости природных биоценозов при интродукциях нам не известно.

Теперь обратимся к предметам социальных надежд и страхов — к генной инженерии и клеточно-эмбриональному клонированию. По аналогии, мы видим — «что плохо для биоценозов, то хорошо для химер и трансгенов»: «жизнеспособного монстра», более живучего, чем его исходный природный прототип, транспозициями создать не удавалось; и чем они гетерологичнее, тем «монстр хилее». Этот принципиальный теоретический вывод, вытекающий из анализа истории биотранспозиций на «верхних» структурных уровнях, подтверждается эмпирической историей генных, клеточных и эмбриональных экспериментов: в сотнях тысяч работ по генной инженерии и экспериментальной биологии развития еще не было создано ни одного «живучего монстра», способного вытеснить природный прототип из природной среды. Между тем такие фантазии-фобии наводнили СМИ, пугая обывателей и порождая новые социально опасные мифы о наших коллегах-биологах, вновь представляя их маньяками, убийцами в белых халатах. Этим же проблемам посвящена наша недавняя острая полемика о биологических экспериментах в космосе с нашим сотрудником, космонавтом С. Кричевским — к сожалению, им не опубликованная.

Безусловно, все биотехнологии должны быть «прозрачными» для публики, и биоэтические алармисты должны быть «начеку». Однако это требует и их биологической образованности. Увы, с последним дело обстоит крайне скверно — и не только в нашем отечестве...

Надеюсь, предложенный здесь многоуровневый историко-семиотический подход к природным и создаваемым биосистемам будет востребован и коллегами, и прочими мыслящими читателями.

Отметим, что во многом он базируется на своеобразном — многоуровневом — стиле отечественных биологов-теоретиков.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Некоторые проблемы радиационной биоценологию Свердловск, 1962.

[2] *Берг Р.Л.* Генетика и эволюция. Новосибирск, 1993. С. 250-262.

[3] *Седов А.Е.* Иерархические концепции и междисциплинарные связи генетики, запечатлённые в её метафорах: количественный и структурный анализ терминов и высказываний // Науковедение, 2001. № 1.

[4] *Седов А.Е.* Биоинформатика и биосемиотика: исторический путь от теории к практике // Годичная научная конференция ИИЕТ РАН 2000 г. М., 2000.

[5] *Volkenstein M.V., Chernavskii D.S.* Information and biology // J. Social. Biol. Struct. 1978. № 1.

[6] *Небел Б.* Наука об окружающей среде. В 2 т. М., 1993.

Б.А. Богатых

ПРИНЦИПЫ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА

К настоящему времени трудности, сопровождающие исследователей при решении проблем эволюционного процесса, требуют новых подходов и концепций с учетом изменения и прогрессом наших знаний. Этому в определенной мере отвечает, на наш взгляд, хорошо известное открытие прошлого века — множество Мандельброта (ММ), — получившее название фрактальной геометрии. Использование фрактальной геометрии в работе с биологическим материалом способно, по-видимому, разрешить ряд спорных и сложных проблем эволюции органического мира относительно его направленности, запрограммированности, а также позволит, на наш взгляд, выработать ряд методологических подходов в теоретической биологии.

Проблемы эволюционного процесса, как мы знаем, решались на основе альтернативных позиций. Так, главными постулатами эволюционной концепции Ч. Дарвина является монофилия, т. е. развитие организмов из одной или немногих форм живого. Развитие при этом осуществляется на основе случайных вариаций и путем медленных небольших изменений этих форм, следовательно, множества наследственных вариаций, которые идут по всем направлениям с последующей адаптивной радиацией под контролем и при содействии естественного отбора (селекционизм). Наряду с этим повторность в этом многообразии, в частности, параллелизм и конвергенция, является частным случаем этого общего правила, так как параллельно или конвергентно проявляющееся сходство возникает на общей генотипической основе и (или) в ответ на одинаково векторизованный отбор. Также, что особенно важно, эволюция состоит в образовании новых признаков, а не в развертывании тех или иных направленных задатков. Иными словами, эволюция, по Дарвину, — не направлена, её ход совершенно непредсказуем, а естественный отбор (тихогенез), по сути, производит такие формы, возможность существования которых трудно предвидеть.

С другой стороны, Д. Лотци[1] ещё в начале XX в., выдвинул альтернативную концепцию, суть которой в том, что гены столь же постоянны, как химические элементы и, следовательно, разнообразные эволюционные изменения организмов в течение многих веков обусловлены гибридизацей уже существующих видов. Иными словами, новые виды создаются за счет новых комбинаций предшествующих наследственных задатков. К этой точке зрения близка концепция номогенеза Л.С. Берга[2], согласно которой организмы развились из многих тысяч первичных форм. Само же их дальнейшее развитие, по Бергу, осуществлялось на основе закономерностей, объединяющих массу особей, и при этом оно шло скачками (пароксизмами). Иными словами, источник многообразия органического мира — законы эволюционных преобразований, что и находит выражение в параллелизме и конвергенции. При этом естественный отбор в той или иной мере, ограничивая сферу деятельности этих законов, снижает многообразие организмов.

Другим косвенным моментом, указывающим на направленное развертывание наследственных задатков, является открытие так называемых генетических (ретровирусоподобных) мобильных элементов (ГМЭ), способных перемещаться в геноме и обусловливать часть спонтанных мутаций[3]. Причем выявлено, что локализация, т. е. вставка ГМЭ в геноме клетки, в основном является не случайной, а направленной, как бы «предопределенной». Все это указывает на то, что и детерминируемый ими мутационный, и, как следствие, эволюционный процессы также не случайны и направленны.

Как мы видим, в основе противопоставления тихогенеза (селекционизма) и номогенеза — отношение к источнику многообразия и единообразия в органическом мире. Номогенезом во главу угла ставятся нестатистические законы, имманентные развивающимся организмам законы эволюционных преобразований. Селекционизмом же признаются статистические законы, которым подчиняются как мутации, так и требование адаптации, т. е. такого внешнего фактора, как отбор. Как отмечает С.В. Мейен[4], существенных расхождений между селекционизмом и номогенезом нет до тех пор, пока они объясняют унаследование генотипических потенций организмов. Например, законы корреляции органов или принцип компенсации, требующие как раз унаследования генотипических потенций. Когда же сходство возникает на заведомо различной генотипической основе — начинаются расхождения. Причем данное сходство селекционизм трактует как

конвергенцию, т. е. детерминируемое внешними агентами приспособление. В свою очередь, номогенез, признавая конвергенцию, отводит внешним агентам лишь второстепенную роль.

Рассмотренные нами примеры показывают, что реальность самой сущности предмета (биологического знания) довольно часто проявляет себя в виде противоречия (как система противоречий), которое сначала предстает в форме противоположностей, выступая на уровне эмпирического знания как неразрешимая антиномия. Разрешение антиномии того или иного уровня эмпирического знания зачастую происходит не столько в рамках старых формул, или парадигм, как при видоизменении самого мышления, логики, что в конечном счете обеспечивает более глубокий уровень теоретического знания.

Нам представляется, что рассмотренные подходы, отражающие собой альтернативность точек зрения, сможет примирить лишь, как мы отметили выше, модель, учитывающая в своем анализе если не все, то многие аспекты многообразия мира. Именно этому требованию, на наш взгляд, отвечает фрактальная геометрия (в различных проявлениях её архитектуры), причем в рамках подхода (принципа), который обеспечит целостность биологического знания.

Для системно-биологического подхода (принципа) важно понять, каким образом конкретная система взаимодействует с системами более высокого порядка (уровня). Это наиболее наглядно выявляется при сопоставлении термина «системно-биологический» и «холистический», ибо термин «системно-биологический» является более ёмким, чем термин «холистический». При холистическом подходе в принципе отсутствует необходимость выхода за пределы рассматриваемой системы (например, часы, дом, самолет и т. д.). В то же время для системно-биологического подхода (принципа) важно понять, каким образом конкретная система вещей взаимодействует с системами вещей более высокого порядка. Другими словами, в понимании того, каким образом та или иная активность конкретной целостности вписывается в циклические процессы живого более высокого порядка, обеспечивая достижение максимального уровня развития. В связи с этим для системно-биологического подхода (принципа) основной упор делается на те аспекты, которые имеются у живых систем. Именно эти аспекты обеспечивают их гармоничное существование и сосуществование на различных уровнях в живом мире.

Принципы фрактальной геометрии

Говоря о природе фракталов, следует прежде всего отметить, что она позволяет устанавливать взаимозависимость между геометриями в различных масштабах, а именно: как микроскопическое поведение тех или иных систем связано с тем, что можно наблюдать в макроскопическом масштабе. Иными словами, фрактальная геометрия (в различных проявлениях её архитектуры) позволяет открывать простоту сложной структуры. Многообразие фракталов, содержащих множество виртуальных наборов, описывается довольно простой математической формулой вида $Z_{n+1} = Z^2_n + C$. В данное уравнение подставляются просто числа, являющиеся координатами, определяющими положение точки на плоскости. Эта формула — имеется ввиду ММ — является самым выдающимся фракталом, в котором закодировано почти всё, если не всё многообразие природы.

В самом общем виде фрактальная геометрия содержит в себе некоторого рода синтез двух процессов — динамичности и статистичности. Динамичность системы — это фундаментальное качество, так как именно оно связано с однозначной предсказуемостью, детерминированностью развития тех или иных систем и процессов между точками выбора путей эволюции (точки бифуркации). Статистичность (стохастичность, случайность, т. е. сами точки бифуркации) — это фундаментальное качество относится к уровню элементного строения системы, где будут возникать различного рода мутации. Иными словами, в данной реальности, которой внутренне присуща динамичность и статистичность, просматривается синтез позитивных элементов детерминистической и вероятностной картин мира, отражая собой в этом специфическом единстве противоположностей саморазвитие органического мира.

Можно сказать, что фрактальная геометрия, сочетая в себе динамичность и статистичность, диалектически отражает соотносящиеся необходимость и случайность, которые четко просматриваются и в номогенетическом, и тихогенетическом аспеках. Существенным здесь является то, что эти взаимосвязанные, всепроникающие и не существующие друг без друга диалектические противоположности фрактальная геометрия позволяет увидеть в виде игры разнообразных симметрий в компьютерном варианте, в своеобразных геометрических фигурах (геометризация пространства). Иными словами, компьютер позволяет увидеть нам фрактал как отражение хаоса в рабо-

те, где под хаосом подразумевается процесс не столько разрушения, сколько созидания структуры (системы) на базе комбинативного сочетания специфических компонентов, например живого и среды.

Отражаемое фрактальной геометрией саморазвитие органического мира имеет ещё один весьма важный момент, а именно проявления тех или иных принципов самоорганизации. В частности, как показал анализ самоорганизующихся систем, в некоторых их точках, как пишет С.П. Курдюмов, «процессы идут так, как они шли во всем объеме системы в прошлом, а в некоторых — так, какими еще только им предстоит протекать в будущем во всей структуре. В то же время все эти участки существуют в настоящем. Это не просто рассуждение, но вполне точный математический результат»[5]. Здесь прошлое временит настоящее и будущее, метафора которого просматривается во многих древних учениях, где философы развивали идеи о непроявленных, потенциальных формах, скрытых в едином начале. Иными словами, такого рода композиции настоящего, прошлого и будущего в их одновременном проявлении характерны прежде всего для процессов саморазвития с их способностью выявлять скрытые потенции самоорганизующихся систем[6].

Следует особо отметить, и мы этому уделим наибольшее внимание, что наряду с отображением формы объектов неорганической природы ММ в первую очередь как-то связано именно с органической жизнью, с живыми объектами. Детальный и всесторонний анализ природы объектов, основанных на том или ином фрактальном принципе, потребует от нас более глубокого рассмотрения основных принципов, закономерностей и особенностей фрактальной геометрии, а также таких, например, её проявлений, как фрактально-кластерная архитектура, которая будет более подробно рассмотрена далее.

Трудно выразить природу объектов с помощью фрактальной геометрии. Но именно покинув прочную основу обычной традиционной (эвклидианской) геометрии, мы попадаем в зоопарк фрактальных объектов во всем их разнообразии и представительстве, отражающих собой ту или иную архитектуру. При этом следует отметить, что, по сути дела, фрактальная геометрия — это не столько новая концепция, сколько новый взгляд на довольно известные вещи. Иными словами, новое видение, перестройка восприятия, заставляющая исследователя по-новому видеть окружающий его мир. Причем фрактальность, проявляющаяся как в неживых, так и в живых объектах, по-видимому, отражает некую канализацию эволюции материи.

1. Говоря о фрактальной геометрии, нужно отметить, что строгого и полного определения фракталов пока не существует. Мандельброт, в частности, дает следующее толкование фракталу: «Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому»[7]. Иными словами, в данном высказывании отражен ***принцип самоподобия***, свойственный фракталу.

Фрактал выглядит одинаково, в каком бы масштабе его ни наблюдать. Это могут быть, например, береговая линия фиордов, бассейн реки, впадающей в море, или кучевые облака в небе. Если рассмотреть, например, кучевые облака, то они состоят из огромных «горбов». На самых огромных «горбах» возвышаются «горбы» поменьше. На тех горбах — «горбы» еще меньше и т. д. Все это можно продолжать вплоть до самого малого масштаба, который мы можем разрешить.

Фрактальную природу, некоторое её подобие, имеют многие, если не все, биологические структуры и системы растений, животных и человека: нервная система, система легких, кровеносная и лимфатическая системы и т. д. Появились данные о том, что развитие злокачественной опухоли также идет по фрактальному принципу[8].

2. Наряду с самоподобными структурами встречаются несамоподобные системы и структуры, или, говоря математическим языком, несамоподобные множества. Выйти из этого положения Мандельброт предлагает за счет расширения описания фракталов, а именно: через преобразования фрагмента фрактального множества во всё множество, используя и подыскивая не только преобразования подобия, но и другие виды геометрических преобразований. В частности, такие геометрические преобразования можно наблюдать там, где координата и время являются разными физическими величинами, и, следовательно, здесь вряд ли следует ожидать одинаковых коэффициентов подобия. Иными словами, преобразования, которые меняют масштабы времени и расстояния в разных пропорциях, называются афинными. Зависимости же, которые в некотором смысле сохраняют свой вид при аффинном преобразовании, называются самоаффинными. Следовательно, данное явление носит название ***самоаффинность***. Аффинное преобразование переводит точку $\boldsymbol{x} = (x_1,\ldots, x_\varepsilon)$ в новую точку с координатами $\boldsymbol{x}^f = (r_1x_1, \ldots, r_\varepsilon x_\varepsilon)$, где не все коэффециенты подобия $r_1,\ldots, r_\varepsilon$ одинаковы. Однако здесь проявляется свойство конгруэнтности, когда, например, множество точек Q_i совпадает с множеством точек $r(Q)$ после переноса и/или поворота[9].

3. Другая особенность природы фрактала заключается в том, что рассматриваемый так сказать в поперечном разрезе, он представляет собой структуру в виде некой точки. При более близком рассмотрении данная точка распадается на ту или иную совокупность точек, т. е. некий кластер, каждая точка которого вновь распадается на кластер и так до бесконечности. Данное образование получило название — ***фрактально-кластерной архитектуры.*** Именно в этом есть одно из проявлений самоподобия фрактала, его геометрии, отражающей при этом тот или иной уровень размерности. Учитывая принцип самоафинности и конгруэнтности фрактала, рассмотренный выше, данный фрактально-кластерный подход (фрактально-кластерная архитектура) с успехом позволяет, на наш взгляд, объяснить ряд трудноразрешимых проблем эволюции органического мира.

4. Наряду с этим фрактальной геометрии характерна также такая особенность, как проявление комплементарности, например, горы — реки, артерии — вены, полинуклеотидные цепи ДНК и т. д. Комплементарные отношения, как указывает Л.Н. Гумилев[10], характерны тем или иным народам — русские и татары, немцы и голландцы и т. д., и, как пример, их отсутствие между русскими и чеченцами, испанцами и басками, англичанами и ирландцами.

Анализ биологического материала

Перейдем теперь к анализу биологического материала в рамках тех положений, которые мы рассмотрели. Сейчас довольно серьезной критике подвергается положение, что борьба за существование вовсе не связана с отбором единичных, наиболее приспособленных особей, как полагал Дарвин.

Возникает вопрос, какую же роль в выше рассмотренных процессах выполняет естественный отбор? Да, отбор несомненно существует, однако он не имеет столь существенного отношения к эволюции, который ему приписывают. Сам факт дифференциального размножения и дифференциальной гибели организмов в природе, по сути, еще не означает, что они служат механизмом эволюции. Как указывает Вильсон: «Вездесущая роль естественного отбора в формировании всех и всяческих признаков организмов может быть с полным правом названа центральной догмой эволюционной биологии»[11].

На наш взгляд, биологическая эволюция не столь однозначна, как это представляется. Ее естественный контекст, который можно выразить через природу фрактальной геометрии, лежит в эволюции самой материи. Борьба за существование не прогрессивный фактор, а консервативный. Это следует хотя бы из того, что она не выбирает наиболее уклоняющиеся особи, уничтожая все остальные, а, напротив, охраняет норму и уменьшает изменчивость. При возникновении новых географических форм (видов, подвидов), как известно, образованием новых признаков захватывается большая масса особей, обитающих в конкретной географической области.

Следовательно, эволюция идет не путем трансмутации отдельных особей, как полагал Дарвин, а путем преобразования всего наличного состава особей или их значительной части. Иными словами, эволюция носит массовый характер, эволюционирует не особь или индивид, а популяция. Все это указывает на то, что не случайности руководят процессом эволюции, в противном случае не осуществлялось бы одновременное изменение большого числа особей.

Прежде всего попытаемся рассмотреть в рамках фрактальной геометрии процесс видообразования, а также анализ других более сложных таксономических групп (родов, семейств, классов и т. д.).

Процесс видообразования — это, как известно, процесс превращения генетически открытых систем в генетически закрытые системы. Таковыми являются по отношению друг к другу популяции и их группы внутри вида. Например, новые виды образуются за счет процесса дивергенции, являющейся элементарной формой эволюции, расхождения одной единой популяции на две субпопуляции с формированием подвидов.

Данный принцип применим, естественно, к анализу и других иерархически возрастающих таксономических групп. Учитывая принцип самоафинности фрактала, фрактально-кластерный подход (фрактально-кластерная архитектура) с успехом позволяет объяснить ряд трудно разрешимых проблем эволюции органического мира, в частности, формирование в эволюции системы иерархии таксонов.

Определенный интерес представляет рассмотрение представленных положений в обратном направлении, т. е. от высших таксонов — к низшим, вплоть до конкретной особи того или иного вида. Рассматривая уже непосредственно конкретную особь, мы непроизвольно должны выйти на тот или иной признак, обусловленный конкретным геном или совокупностью генов. Напрашивается мысль, что ген с его

сложной структурой и функцией — дробностью, интеркалированностью, мобильностью, и т. д. — также является фракталом и, следовательно, обладает теми или иными его свойствами.

С нашей точки зрения — это весьма уместно, так как именно природа фрактала (самоаффинность, конгруэнтность), отражающая собой полиморфное множество симметрий в динамике, позволяет увязать сводимость законов движения органической формы к законам генетики, физиологии и экологии.

Наряду с этим необходимо рассмотреть явление филогенетического ускорения, примеры которого довольно широко представлены в работе Л.С. Берга. В частности, признаки, которыми отличаются высокоорганизованные группы, появляются задолго до этого в виде зачатков у низших, что мы относим к аналогии проявления самоподобия фракталов.

Ход дальнейших рассуждений попытаемся провести по выявлению принципа самоподобия и самоаффинности на различных примерах органического мира.

В качестве примера можно привести, например, мужской цветок вельвичии (представителя голосемянных), где наряду с шестью тычинками появляется зачаточная семяпочка. Сама по себе семяпочка бесплодна, однако она снабжена покровом и трубочкой, заканчивающейся рыльцем, т. е. имеется зачаточный женский орган — не в пример всем прочим голосемянным. Самое интересное здесь то, что это «рудимент» органа, который начнет функционировать лишь в двуполом цветке покрытосемянных.

Аналогичные особенности наблюдаются у каузарин, представляющих собой кустарники и деревья, распространенные в Австралии и на Индо-Малайском архипелаге, и отличающиеся весьма примитивной организацией. Наряду с этим они (каузарины) обладают чертами высокой организации, где мужские и женские цветки собраны в соцветия, оплодотворение у них двойное, покров семени срастается с околоплодником, имеются две семядоли и т. д., что указывает на то, что эти растения в своей эволюции как бы забежали вперед. Соответствующие примеры можно привести как из мира растений, так и из мира низших и высших животных. В частности, подобие нервной системы, т. е. волокон у инфузорий.

Следующий пример — это наличие хрящевого скелета у головоногих. Как известно, в дальнейшем он наблюдается уже только у позвоночных.

Мозг рыб, в общем, устроен сложнее, чем у амфибий. Сложнее его гистологическое строение и т. д. Наряду с этим, психически рыбы стоят не ниже амфибий, а, пожалуй, даже выше. В других же отношениях рыбы организованы ниже. Аналогичные примеры можно привести и из истории развития человека, например, известная высокоразвитая организация мозга неандертальцев.

Фрактальный принцип самоподобия, на наш взгляд, просматривается в явлении рекапитуляции, согласно которому индивидуальное развитие является быстрым повторением филогенеза, повторения на короткое время соответствующих стадий развития предковых форм.

Следовательно, мы можем сделать вывод, что эволюция в значительной степени предопределена и целенаправлена, она есть в значительной степени развертывание или появление уже существующих зачатков. Это особенно значимо отражено в работах Лима-де-Фариа, в частности, в его концепции автоэволюции формы и функции, или эволюции без отбора. В своих работах автор отстаивает идею глобального эволюционизма. Если рассматривать основные моменты его концепции, то они в той или иной мере могут быть объяснены с позиции фрактальной геометрии. Однако для нас неприемлемо столь радикальное неприятие роли естественного отбора в эволюции, как это делает Лима-де-Фариа[12]. Естественный отбор, осуществляющий процесс дифференцированного (неслучайного, избирательного) выживания и воспроизведения организмов в ходе эволюции, можно уподобить некоему мастеровому, находящемуся в точках бифуркаций и отбирающего те или иные формы генотипов, соответствующие условиям развития среды, отражая собой адаптивный этап эволюции. Иными словами, естественный отбор, обусловливая относительную целесообразность строения и функции организмов, осуществляет данный процесс в соответствии с выбором той или иной будущей фрактальной развертки. Целесообразность, проявляющаяся в природе, ведет свое начало не от какой либо лежащей вне мира причины. Она — причина — имманентна Вселенной, которая сама в себе заключает принцип движения.

Наряду с этим фрактальная геометрия (опираясь на её принципы) позволяет, на наш взгляд, объяснить или, по крайней мере, подступиться к объяснению ряда других еще не решенных проблем и парадоксов биологической эволюции, её механизмов. Так, например, существующая проблема, а именно возникновение сопряженной системы нуклеиновые кислоты — белок (так называемый гиперцикл Эйге-

на) также решается в парадигме направленности эволюции. Иными словами, объяснение природы узнавания, т. е. установление взаимного соответствия полинуклеотидных и полипептидных текстов, осмысливается (разрешается), на наш взгляд, через природу фрактальной геометрии, точнее, через природу фрактально-кластерной архитектуры посредством принципа самоподобия, а точнее — самоафинности. Аффинное преобразование, как мы отметили выше, хотя и переводит точку $\boldsymbol{x} = (x_1,\ldots, x_\varepsilon)$ в новую точку с координатами $\boldsymbol{x}^r = (r_1x_1, \ldots, r_\varepsilon x_\varepsilon)$, где не все коэффициенты подобия $r_1,\ldots, r_\varepsilon$ одинаковы, тем не менее, сохраняет свойство конгруэнтности, когда, например, множество точек Q_i совпадает с множеством точек $r(Q)$ после переноса и/или поворота.

Рассматривая направленность эволюции в широком контексте, следует добавить, что наряду с естественным отбором наиболее приспособленных организмов существует механизм, направляющий эволюцию по определенному руслу. О существовании такой направленности говорят такие факты, как:

необратимость эволюции (закон Долло), невозможность повторного возникновения жизни на Земле (в виду отсутствия глобальных условий и того, что вновь возникшие организмы скорее всего будут уничтожены развитыми формами жизни);

правило прогрессирующей специализации (закон Депере) и т. д.

Материальными носителями и факторами направленности эволюции служат как внутренние закономерности и ограничения развития неживой и живой природы (не может идти развитие органического мира поперек филогенетического дерева), так и воздействия всех надсистем, систем того же уровня организации и подсистем. Уровни надсистем, систем и подсистем необходимо лежат в интервале от галактического уровня до атомно-молекулярного. Здесь не следует отбрасывать даже взаимодействия атомно-молекулярных механизмов в организме с физическими полями и другими внешними факторами.

***

Таким образом, ряд спорных и сложных проблем эволюции органического мира может быть разрешен с позиции фрактальной геометрии в рамках системно-биологического подхода (принципа). Именно системно-биологический подход (принцип), характеризую-

щий собой системность знания, обеспечит, на наш взгляд, в рамках фрактального аспекта целостность биологического знания. Более того, может претендовать на роль примирителя генетики и дарвинизма. Для нас же непроизвольно напрашивается вопрос: не просматриваются ли в вышерассмотренных альтернативных подходах к интерпретации эволюции органического мира аналогии с теми знаменитыми парадоксами, с которыми столкнулись в свое время разработчики квантовой механики (имеется в виду корпускулярно-волновая природа микромира)? В результате размышления над этими парадоксами возникло высказывание Эйнштейна: «Господь Бог не играет в кости». И не будет ли для нас выступать примиряющей метафорой высказывание: «Если господь Бог и играет в кости, то при этом всегда выигрывает». Это означает, что эволюция, включая в себя стохастические явления, тем не менее имеет некий вектор. Иными словами, здесь просматривается движение от простого к сложному, от менее совершенного к более совершенному, отражая этим наряду с адаптивной формой эволюции прогрессивную форму органической эволюции.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Цитируется по: *Берг Л.С.* Труды по теории эволюции. Л., 1977 (*Lotsy J.P.* Evolution by means of hybridization. Hague, 1916).

[2] Там же.

[3] *Хесин Р.Б.* Непостоянство генома. М., 1985.

[4] *Мейен С.В.* О соотношении номогенетического и тихогенетического аспектов эволюции // Жур. общей биол., 1974, т. 35, № 3.

[5] *Курдюмов С.П.* // Знание — сила. 1988, № 11. С. 40.

[6] *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1994.

[7] Цитируется по: *Федер Е.* Фракталы. М., 1991. С. 10.

[8] *Dolgleish A.* The relevance of non-linear mathematics (chaos theory) to the treatment of cancer, the role of the immune response and the potential for vaccines // J. Med., 1999, v. 92.

[9] *Кроновер Р.М.* Фракталы и хаос в динамических системах // Постмаркет М., 2000.

[10] *Гумилев Л.Н.* Этногенез и биосфера Земли. М., 1994.

[11] *Wilson E.O.* Sociobiology. Cambridge MA, London, 1980.

[12] *Лима-де-Фариа А.* Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции. М., 1991.

А.В. Каверин

СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ*

Каждая эпоха порождает свое представление о мире. Его называют термином «парадигма». Парадигма определяет тип научного мышления.

Современная наука основывается на системной парадигме. Общая теория систем и уровней их организации, пройдя сравнительно короткий исторический путь, стала методической основой многих разделов науки конца XX столетия. Созданы подробные иерархические классификации биосистем и вообще природных систем. За рубежом и у нас в стране вышли капитальные труды, посвященные системному подходу, обобщающие многие сотни специальных работ.

Привлекательность системного подхода, по мнению выдающегося теоретика экологической науки Н.Ф. Реймерса, заключается, прежде всего в том, что он помогает организовать растущие потоки информации об окружающем нас мире, интегрировать бесчисленное количество аналитических данных. Именно задача синтеза вызвала к жизни общую теорию систем, получившую право гражданства благодаря трудам Людвига фон Берталанфи и других авторов.

Простейшее определение системы — совокупность взаимодействующих элементов, составляющих некое более или менее ограниченное целостное единство. Н.Ф. Реймерс дал и более развернутое (или обобщающее) определение: «Система (от греч. система — целое, составленное из частей) — саморазвивающаяся и саморегулирующаяся, определенным образом упорядоченная материально-энергетическая совокупность, существующая и управляемая как относительно устойчивое целое за счет взаимодействия, распределения и перераспределения имеющихся, поступающих извне и продуцируемых совокупностью веществ, энергии и информации и обеспечивающая преобладание внутренних связей (в том числе перемещений веществ, энергии и информации) над внешними»[1].

Понятие «система» — одно из самых широко применяемых в экологии. Это не случайно, ибо экологию трактуют как науку об эколо-

гических системах (экосистемах). «Экосистема — любое сообщество живых существ и его среды обитания, объединяемой в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимозависимости и причинно-следственной связей, существующих между отдельными экологическими компонентами»[2]. Выделяют микроэкосистемы (например, ствол гниющего дерева и т. п.), мезоэкосистемы (лес, пруд и т. п.) и макроэкосистемы (океан, континент и т. п.). Глобальная экосистема — биосфера Земли. Термин «экосистема» был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли. В 1942 г. академик В.П. Сукачев для обозначения подобных сообществ предложил термин «биогеоценоз». В настоящее время почти общепризнанно, что экосистема — синоним биогеоценоза.

Биогеоценоз, как и любая другая экосистема, состоит не только из живого, но и неживого, как писал В.И. Вернадский, из живого и косного вещества. Движущей силой в любой материальной системе служит энергия. Она приходит от Солнца и привносится человеком. Вместе с газами атмосферы и водой энергия определяет климатические, чаще физико-химические характеристики среды, которые называют климатопами. В состав косной части входит субстрат. Это может быть земная твердь, вода, ее капельки в атмосфере — все, чем и в чем существует жизнь. Абиотические составляющие экосистемы называются косными компонентами.

Элемент в рамках системы — это условно далее неделимая ее часть. Например, для индивида — клетка (хотя для клетки — органелла, для органеллы — биологическая макромолекула, для этой молекулы — атом, для атома — элементарная частица). Для экосистемы элемент — организм, т. е. индивидуальная консорция, для биосферы — биогеоценоз, ее «кирпичик». Из биогеоценозов сложено огромное здание биосферы, огромный дом, населенный где густо, где редко, но всюду пронизанный жизнью. Н.Ф. Реймерс предполагал, что «не может ни этот дом, ни его обитатели, ни весь мир Земли и космоса не иметь каких-то общих закономерностей построения»[3]. Как Д.И. Менделеев был уверен, что химические элементы — не хаотическое нагромождение, и создал периодическую систему элементов и великий генетик и географ Н.И. Вавилов искал — и нашел периодические закономерности эволюции в целом, так и Н.Ф. Реймерс был убежден, что нечто подобное должно существовать и для всего материального мира в целом. В 1983 г. им была высказана идея «системы систем». В последующие годы эта идея корректировалась, до-

полнялась и в 1993 г. была опубликована в окончательном виде. Приходится удивляться тому, что идея «системы систем» так и не вызвала ответной реакции ученого мира — ни позитивной, ни негативной. Видимо, она находится пока на стадии осмысления у немногочисленных исследователей в области экологической теории природопользования. Несомненно, что в ближайшие годы «система систем», как и «периодическая таблица всего сущего», войдет в учебные пособия и учебники по экологии. И с этого времени биосфера будет изучаться как целостное системное образование, «сцепление» подсистем, внутри которого многое еще известно недостаточно или вовсе неизвестно.

В географической науке пока тон задают традиционные подходы: территориальный, комплексный, исторический и типологический. А системный подход наряду с проблемным, экологическим, конструктивным и поведенческим причисляют к новым подходам. При этом В.П. Максаковский указывает, что проявления системного подхода в географии стали прослеживаться уже в 40–50-е годы, а «официально» применение этого подхода начались в середине 60-х[4]. Его развитие было связано с работами Ю.Г Саушкина, А.А. Минца, В.М. Гохмана, Д.Л. Арманда, Н.А. Солнцева, В.С. Преображенского и других географов. Как считал В.С. Преображенский в 60–80-е годы, системный подход был использован географами прежде всего для решения проблем взаимодействия общества и природы, углубления представлений о предмете исследования самой географии, для уяснения сложной системы географических наук и для совершенствования системной географической деятельности[5].

В 1977 г. 104-й научный сборник «Вопросы географии» под названием «Системные исследования природы» был полностью посвящен проблематике системного подхода; он представляет собой первую в отечественной литературе попытку подойти к природе земной поверхности с системной точки зрения[6]. Особенность сборника заключается в том, что он имеет междисциплинарный характер, его авторы, многие из которых уже были или стали впоследствии широко признанными учеными-географами (К.В. Зворыкин, В.Н. Солнцев, Ю.Г Пузаченко, Н.А. Гвоздецкий, А.Д. Арманд, А.Ю. Ретеюм, К.Н. Дьяконов, В.М. Фридланд, Ю.Г Симонов, Н.Ф. Реймерс, В.И. Булатов и др.), рассматривают широкий круг объектов — природные комплексы, сообщества, рельеф, почвы. Учитывая определенные трудности внедрения системного подхода в физическую географию, В.Н. Солнцев отмеча-

ет богатство возможностей, предоставляемых этим подходом. Им же подчеркнуто значение системного подхода для географии как «своеобразного стиля мышления»[7].

Со временем основным понятием системного подхода в географии стало понятие «территориальная система», получившее множество модификаций, таких, как «геосистема», «территориальная система населения», «единая транспортная система», «территориальная рекреационная система», «геотехсистема» и др. В последнее время началось формирование геоэкспертных систем, которые призваны сыграть важную роль в обеспечении особо сложных и прогностических работ.

В заключение необходимо добавить, что системный подход наиболее эффективен при решении сложных задач анализа и синтеза, когда изучаемый объект имеет многосторонние внутренние и внешние взаимосвязи. Системный подход содействует интеграции географии с экологией и кибернетикой, с теорией и практикой долгосрочного прогнозирования и территориального управления.

ПРИМЕЧАНИЯ

* Выполнена при финансовой поддержке РФФИ, Проект № 01-06-80040 РФФИ 31.08.2000 г.

1 *Реймерс Н.Ф.* Охрана природы и окружающей человека среды: Слов.-справ. М., 1992. С. 239–240.

2 *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. Слов.-справ. М., 1990. С. 599.

3 *Реймерс Н.Ф.* Начала экологических знаний. Учеб. пособие. М., 1993. С. 56.

4 *Максаковский В.П.* Географическая культура. Учебное пособие для студентов вузов. М., 1998. С. 199.

5 *Преображенский В.С.* Поиск в географии. М., 1986. С. 54.

6 Системные исследования природы // Вопросы географии. 1977, № 104.

7 *Солнцев В.Н.* О трудности внедрения системного подхода в физическую географию // Вопросы географии. 1977, № 104. С. 20.

М.И. Штеренберг

НАЧАЛА СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

1. Критический анализ состояния проблемы

В силу того, что до сих пор в теории, называемой ОТС, не найдено глубинных общих закономерностей, она зиждется на разнообразных аналогиях, лишь расширяя их круг. Безуспешные попытки выйти из круга породили пессимизм у многих ученых, работающих в этой области. Симптомами этого являются либо попытки разработать аппарат развития теории на основе математики или теории симметрии, либо предложения вообще отказаться от построения содержательной теории систем (СТС) и рассматривать ОТС просто как формальную теорию, или как метатеорию, или, вообще, как некий системный подход.

В последние десятилетия появились новые попытки решить данную проблему, не приведшие пока к ощутимым практическим результатам. На причинах этого здесь остановимся лишь вкратце.

Синергетика. Здесь неудачи обусловлены некорректным построением самих начал теории, а также отсутствием определений ее ключевых понятий — порядка, хаоса, организации и самоорганизации, тем более в операциональном виде. Отсутствует также классификация бифуркаций, что приводит к смешению информации с ординарными возмущениями чисто физической природы и т. д. Отсюда следует ряд явных несоответствий реальности. Так, например, из смешения понятий упорядочнности и организации следует, в частности, что замерзший труп упорядоченнее (организованнее) живого организма, а памятник — оригинала.

Системокванты — якобы оригинальное направление исследования, активно разрабатываемое с 1979 г. К.В. Судаковым и его школой[1]. Под ними понимаются временно возникающие относительно независимые структуры, сходные на разных уровнях строения материи. Но именно эта идея была высказана У.Р. Эшби и заслужила высокую оценку редактора перевода работы П.К. Анохина. Во введении к переводу этой книги в 1962 г. П.К. Анохин пишет: «Здесь я не могу не

отметить очень хорошего анализа соотношения «систем с частично постоянной функцией» (т. е. структур, обусловливающих возникновение «системоквантов». — *М.Ш.*) и «систем с полной функцией». Рассматривая случаи «независимых состояний» в пределах большой системы, автор, в сущности, намечает канву для понимания организации сложных систем в пределах целого организма»[2]. Более того, в той же работе У.Р. Эшби указывает и условие разбиения систем на «системокванты» — постоянство переменных на их границах. Здесь же отметим, однако, что и У.Р. Эшби в своей глубокой и оригинальной работе оставляет эту проблему решенной лишь отчасти, поскольку он отказывается рассматривать физический механизм, обусловливающий постоянство переменных.

Далее, К.В. Судаков опирается на попытки ряда ученых представить процессы восприятия, памяти, мышления, оценки времени и пространства на основании голографических свойств мозга. Как известно, принцип голографии — получение интерференционной картины за счет взаимодействия двух лучей, представляющих собой две части одного луча, расщепленного призмой, одна из которых отражена от некоторого предмета (предметный луч). При освещении этой картины исходным (опорным) лучом возникает изображение предмета. Если на один кадр нанести несколько интерференционных картин, то каждая из них при освещении «своим» опорным лучом даст изображение только «своего» предмета. Другая особенность голографического изображения заключается в том, что даже небольшая часть его дает полное изображение объекта. С целью согласования результатов экспериментов с идеей голографической структуры памяти, К.В. Судаков приводит результаты опытов Н.Ю. Беленкова. Последний осуществлял свои опыты, выключая замораживанием различные участки коры больших полушарий. Им было установлено, что любая, даже весьма малая часть незамороженной коры не лишает животное способности к обучению.

В то же время, как это следует из экспериментов, в основе памяти лежат продукты биохимического синтеза. «Сущность этого феномена, — пишет Р.И. Кругликов, — как известно, состоит в том, что введение животным-реципиентам определенных химических субстратов (РНК, пептидов. — *М.Ш.*), получаемых из мозга животных-доноров, приводит к тому, что у животных-реципиентов «с места» возникает и проявляется или чрезвычайно быстро вырабатывается навык, вырабатывавшийся у животных-доноров»[3]. Да и сами эксперименты

Н.Ю. Беленкова не дают повода к «голографическим» выводам. Так, после включения в действие всего мозга, в том числе «размороженных» структур, вместо «голографического» воспроизводства рефлекса обученной частью коры поведение животного становится дезорганизованным. С точки зрения голографии, подобный результат необъясним. Действительно, «пустые» или занятые другой голограммой «размороженные» части мозга не должны реагировать на опорный луч, а голограмма обученной части должна реагировать в соответствии с усвоенным рефлексом. Подобные факты вызывают сомнение в адекватности «голографического принципа организации» реальности. В то же время опыты Н.Ю. Беленкова могут быть интерпретированы совсем по иному, особенно если учесть, что выключение части мозга из обучения вызывает, согласно результатам его экспериментов, в прямой зависимости ухудшение обучаемости животного, что опять-таки не согласуется с идеей голограммы. Отмечено, что при каждом удачном решении в процессе выработки рефлекса происходит синтез «молекул памяти». Так как выработка рефлекса происходит после целого ряда удачных решений, то естественно предположить, что это связано с накоплением определенного количества «молекул памяти». В случае выключения части мозга их накопление до критической величины происходит только в работающей части и идет примерно во столько же раз медленнее, во сколько раз выключенная часть больше оставшейся, что и вызывает необходимость увеличения числа повторов при обучении. Что же касается распределения «молекул памяти» по всей коре больших полушарий, то это, очевидно, связано не с голограммой, а с проблемой надежности. Их одновременная активация может вызываться некоторой структурой — возможно, ретикулярной формацией. Примером подобного диффузного распределения информации по системе является распределение по всему организму его генома, сосредоточенного в ядре каждой клетки. Это обеспечивает, в частности, способность практически любого вида ткани к порождению новых клеток и регенерации. Также равномерно по всему кровяному руслу распределяются и гормоны, газы, антитела и т. п. О том же говорят и результаты других исследований. Так, в известных опытах нейрофизиолога В. Пенфилда раздражение височных участков коры вызывало детальное воспоминание по всем органам чувств картин прошлого. Для этого не требовался опорный луч с определенными, но неизвестными экспериментатору характеристиками, а просто ток слабой силы. При этом яркость воспоминаний гово-

рила о вовлеченности всей коры в процесс воспоминания, хотя раздражение было лишь местным[4]. Но все эти факты, конечно, не имеют никакого отношения к голографии.

В итоге, в настоящее же время ОТС фактически является не чем иным, как новым названием теории моделирования, существовавшей задолго до присвоения ОТС ее названия. В теории моделирования, как и ныне в ОТС, результаты, полученные в виде идей, схем, математических выражений и т. д., переносились на объекты или области, изучение которых представлялось либо более сложным, либо просто невозможным по тем или иным причинам. Таковы, например, результаты исследования динамики крупных сооружений или аэродинамики проектируемых самолетов на малых моделях, гидродинамических процессов с помощью электрических моделей, психики или физиологии человека посредством экспериментов на животных и т. д.

Нерешенность проблемы Берталанфи связана с отсутствием начал теоретической биологии, в которой нет определения жизни, и с колоссальной сложностью даже примитивнейшего организма. По-видимому, это понимает И. Пригожин, который пишет, что «многие биологи почувствовали, что единственно подходящим языком для обсуждения ситуации является язык теории систем, в частности, идеи, основанные на теории автоматов»[5]. Иными словами, Пригожиным предлагается путь редукционизма, часто и успешно применяемый в науке, ибо автоматы представляют собой чрезвычайно упрощенные модели организмов. Но именно поэтому в них более явно могут выступать основополагающие принципы живого, заложенные в них их авторами на подсознательном уровне эвристическим путем. И это, как очевидно предполагает Пригожин, может создать предпосылки для приложения математического аппарата к биологии. Ибо, как пишет С.Г Смирнов: «До тех пор, пока в биологии не будет выработана широкая и четкая система понятий и законов, отражающих явления живой природы адекватно... не следует ожидать серьезных результатов от математической биологии»[6].

2. Начала теории организации и самоорганизации

Как отмечал известный науковед Т. Кун, решение проблем, представляющихся не решаемыми с позиций традиционных подхо-

дов, обычно лежит в стороне от магистральных путей науки. Для выхода на новый путь начнем с уточнения терминологии. Так как любые организмы являют собой некую особую разновидность того, что наука именует системами, выясним, что следует понимать под словом «система». Если мы примем наиболее распространенное определение ее, которое говорит о том, что система — это связная совокупность ее элементов (частей), проявляющих себя как единое целое, то нам придется тогда признать, что система у нас одна: это Вселенная. Но ум наш, различая связи различного качества, выделяет из этой всеобъемлющей системы подсистемы, которые тоже являются системами и т. д. Таким образом, нам придется признать, что выбор систем субъективен. Эта субъективность особенно проявляется в том случае, когда в качестве системы выбираются явления ментального порядка, например, система взглядов или система знаний. Но это связано вообще с характером любых определений. Действительно, любое определение есть определение слова через слова. Поэтому никакое определение не имело бы смысла, если бы не было опорных слов, слов, основывающихся на чувствах или ощущениях, понимаемых разными людьми примерно одинаково. Например, такие слова, как «длина» или «больше» и «меньше». Тогда понятие «большая длина» уже будет определенным. Понятие «система» является опорным словом и выбирается по тому или иному ментальному критерию. Отсюда следует, что определение жизни может быть дано, если будет найден критерий, отличающий ее от других явлений. С другой стороны, дать определение какого-либо класса однотипных систем означает отнести его к более широкому классу и обозначить критерий отличия от других классов, входящих в этот широкий класс.

Теперь перейдем к некоторым удивительным фактам, которых вокруг нас множество. Рассмотрим, например, изомеры, т. е. молекулы одинакового химического состава, но имеющих различное расположение атомов или атомных групп. Известный немецкий биофизик М. Эйген подсчитал, что изомеров только у одной молекулы ДНК кишечной палочки может быть $10^{1000000}$. Число это невообразимо огромно. Достаточно сказать, что число атомов в наблюдаемой Метагалактике (а в ней миллиарды галактик) имеет величину порядка «всего лишь» 10^{80}.

Если же мы перейдем к более высоким уровням материи, то пространства для комбинаторики окажутся на каждой ступени подъема

все больше и больше. Ведь из молекул одного вида, например воды, может быть построено огромное разнообразие макросистем — снежинок, града, все разновидности ледников, ручьев, рек, морей, океанов и облаков. Но из разных элементов может быть построено еще большее разнообразие систем. В реальности же этого не наблюдается. Скажем, минералы, образующие подпочвенный слой земли, состоят в основном из молекул окиси кремния, воды и окиси алюминия. Но разнообразие их опять же абсолютно мизерно по сравнению с теоретически возможным. То же наблюдается и в отношении пород, образованных из минералов, слоев планеты, возможного и реального разнообразия животных и растений, хотя однотипных систем каждого класса множество. Уже на уровне молекул использование возможного разнообразия в реальности ничтожно. Так, разнообразие неорганических молекул составляет на Земле величину порядка 10^5, органических — в разнообразных видах живого — порядка 10^6, всех, включая вещества, синтезированные искусственно, порядка 10^7.

С этих фактов мы и начнем свой путь непосредственно к анализу принципиальных особенностей жизни. Первой вехой на этом пути будет вывод о том, что ***каждый вид систем — атомов, молекул, минералов, пород, слоев, растений, животных, планет и т. п. — должен обладать совершенно уникальными свойствами, позволившими им существовать,*** в то время как другие их разновидности, представляющие подавляющее большинство, оказываются к этому не способными. Что же за таинственные свойства, обеспечивающие существование систем в условиях жесточайшего отбора? Ответ на вопрос может быть неожиданным: система в течение всей своей жизни должна быть микрокосмосом. Это означает, что она должна отражать в себе весь Космос, уравновешивая воздействие всех его систем на себя, что на каждое силовое воздействие Космоса система должна отвечать либо противодействием, если оно разрушающее (например, испаряющее воздействие Солнца на камень), или использовать его, если оно способствует существованию системы (то же излучение Солнца, используемое растениями для фотосинтеза). Именно это объединяет весь ***наиболее широкий класс существующих систем***, возникающих естественным способом.

Данный вывод позволяет выявить критерий для классификации всего многообразия существующих систем. Очевидно, что таким ***критерием классификации можно считать способ, которым сис-***

темы обеспечивают свое существование. Обратимся к одному из наиболее общих разделов современной физики — термодинамике. С ее точки зрения любая система может находиться в двух основных состояниях: стабильном или лабильном. Примером стабильной системы является кристалл или даже простой камень. Мы не можем учесть всех воздействий ближнего и дальнего Космоса, которые отражает микрокосмос камня. Но и то, что мы знаем, говорит о совершенно уникальных его свойствах. Он противостоит и испаряющему действию Солнца, и стремящейся раздавить его силе земного тяготения, растворяющему действию воды и химическому воздействию веществ в воздухе, воде и почве. Более того, сцепление молекул в нем столь уникально организовано, что при умеренных усилиях сжатия или растяжения в нем возникают силы, равные по величине и обратные по направлению силам, на него воздействующим. Отсюда становится понятным, почему из огромного теоретически возможного числа минералов в условиях Земли лишь немногие смогли стать реальным микрокосмосом — простыми камнями. Стабильным способом сохраняется множество систем — от атомов до небесных тел, меняются лишь силы, образующие связи между элементами, — нуклонные, электромагнитные, гравитационные.

Уже давно рядом авторов (П.К. Анохин, Н.А. Бернштейн) отмечалось, что отличительным признаком жизни является ее способность к опережающему реагированию. Однако при этом не ставился вопрос: каким физическим условиям должна отвечать система, способная к такому реагированию? Поэтому поиск определения жизни начнем с константации того факта, что опережающее реагирование возможно, если система способна реагировать не на само важное для ее существования событие, а на опережающий его малоэнергетичный признак — сигнал (звук, запах, свет и т. п.). При этом такая реакция протекает адекватно не самому сигналу, а событию, признаком которого он является. Но при этом, в свою очередь, возникает вопрос: каким физическим условиям должна удовлетворять система для обеспечения подобной реакции? Очевидно, что для такого реагирования она должна с необходимостью отвечать следующим требованиям.

1. ***Термодинамическому,*** т. е. она должна обладать структурами, которые способны удерживать без потерь энергию высокого потенциала, необходимую для совершения работы по сохранению организма. Это требование удовлетворяется широко распространенными

в природе метастабильными состояниями, в которых энергия высокого потенциала защищена от выравнивания потенциальными барьерами. Именно последним обязано своим существованием разнообразие устойчивых изотопов таблицы Менделеева и даже все разнообразие мира в целом.

2. ***Информационному.*** Это требование сводится к необходимости обладания структурами, регулирующими процесс высвобождения этой энергии в ответ на сигнал, представляющий собой слабый, но специфический энергетический импульс. Этому условию отвечают органические и минеральные катализаторы. Они могут быть введены в контакт с веществом за счет слабого воздействия, например, механического, либо благодаря их активации в результате добавки к ферменту кофермента. Аналогично работают выключатели электросети и т. п., т. е. структур, называемых нами стрейторами (от английского *straight* — прямой). Стрейторы способны при получении сигнала снижать (а в пределе и устранять) или, наоборот, восстанавливать потенциальный барьер метастабильного состояния. Стрейторные реакции обладают высокой селективностью: например, в то время как нагревание ускоряет множество химических реакций, катализатор ускоряет только одну из них или всего несколько.

3. ***Преобразовательному.*** Это требование обусловливает необходимость обладания структурами, преобразующими выделившуюся энергию высокого потенциала в работу, направленную на сохранение организма. Эта роль может принадлежать, например, молекуле фермента, которая помимо выполнения каталитической функции совместно с мембраной способна определять направление реакции, либо кинематической части станка, преобразующей вращения двигателя в конкретную работу. Свойство преобразования энергии присуще всем материальным объектам, с ней взаимодействующими.

В соответствии с этой простейшей структурой — сигнальным элементом (сокращенно ***сиэлом***) — определяются исходные элементарные понятия теории систем.

Информация. В теории информации за единицу последней принимается воздействие, обусловливающее единичный выбор. Очевидно, что такой единицей оказывается сигнал, который осуществляет подобную операцию и всегда специфичен относительно сиэла, входящего в состав организма или автомата. Сказанное позволяет понять необоснованность объяснения информации с использованием негэнтропийного принципа, согласно которому под ней понимается

любое воздействие на систему, обусловливающее то или иное ее состояние. В соответствии с этим положением признается, что «информацией» якобы наполнена вся Вселенная. Наше понимание природы сигнала (информации) позволяет внести ясность в еще одно ключевое положение синергетики. Формально сигнал (информация) как малое возмущение, радикально изменяющее состояние системы, сходен с бифуркацией. Принципиальное же его отличие заключается в том, что ***под воздействием сигнала происходит не переход системы из состояния хаоса в состояние упорядоченности, а переход от одного состояния организации к другому***.

Знание. Сиэл — это элементарная структура, которая «знает», на какой сигнал и как реагировать.

Смысл. В структуре сиэла заключен и элементарный ***смысл*** реакции.

В двух последних пунктах мы обнаруживаем связь основных положений ОТС с началами семиотики и семантики.

Управление. Сиэл являет собой элементарную структуру управления, в которой малая энергия информации управляет существенно более мощными энергетическими потоками.

Программа. Программа — это структура, способная под воздействием энергетического потока порождать сигналы для данного организма или автомата. Программа, подобно сигналу и информации, представляет собой понятие относительное. Так, неподвижный ландшафт, порождающий сигналы для человека и многих животных, не является программой для лягушки, способной замечать лишь движущиеся предметы. Примерами программ могут служить ДНК и РНК, магнитные ленты, лазерные диски и т. п. Большинство программ, в том числе и те, которые содержатся в клетках организма, а также магнитные ленты, лазерные диски и т. п., способны порождать сигналы, осуществляющие выбор программ более низкого ранга для ввода их в действие, изменять их или даже порождать новые под влиянием сигналов. При этом возникают и новые рефлексы, видеозаписи и т. п., являющиеся важными факторами, используемыми в процессах запоминания и адаптации организованных систем. Единичным элементом программы явится та ее часть, которая генерирует единичный сигнал.

Организация. Очевидно, что организованными называются системы, существование которых обеспечивается, в частности, за счет содержащихся в них сигнальных элементов; иными словами, это ор-

ганизмы, автоматы и их совокупности. В то время как ***упорядоченность*** — это всего лишь закономерное расположение элементов и их связей. Согласно Дж. фон Нейману, мера упорядоченности — количество информации, необходимое для описания этой закономерности. Как видим, разница между упорядоченностью и организацией существенная и носит принципиальный характер.

Следует отличать обратную сигнальную связь от несигнальной: например, обозначаемую формулировкой «действие равно противодействию». В основе кибернетики лежат понятия информации и обратной связи. Отделение этих понятий от их несигнальных аналогов позволяет избежать многочисленных ошибок при их использовании и естественным образом ***включить начала кибернетики в начала теории систем.*** Таким образом, получают операциональные определения исходные понятия теории систем.

Рассмотрим теперь принципы построения структур высшего порядка. Таковой явится упрощенная схема метаболизма: например, линейная последовательность сиэлов, регулируемая накоплением конечного продукта (в химии процесс ретроингибитирования)[7]. В этой последовательности постоянство концентрации А поддерживается тормозящим воздействием этой концентрации на первый стрейтор в цепи — Ф:

$$A_1 \xrightarrow{\Phi_1} A_2 \xrightarrow{\Phi_2} \ldots A_i \xrightarrow{\Phi_i} \ldots A_n \longrightarrow \Phi_1$$

A_i может быть не только продуктом экзотермической химической реакции, но и, например, деталью, обрабатываемой на автоматической поточной линии (в последнем случае работа этой линии будет регулироваться количеством деталей в накопителе);

Φ_i — это либо фермент, либо устройство, осуществляющее очередную операцию на данной линии.

Тогда $A_i \xrightarrow{\Phi_i}$ представляет собой сиэл, в котором А есть энергоресурс в метастабильном состоянии, а Φ_i — стрейтор (фермент или станок автоматической линии) и одновременно преобразователь.

Этот элемент второго порядка, реагирующий элемент или сокращенно — реэл, исчисляется уже количеством (n–1) элементов первого порядка — сиэлов. Существует и модификация элемента второго порядка, обусловленная постоянством первого параметра A_i за счет воздействия сигнала о его значении на последний стрейтор $\Phi_{n-1}(A_i \rightarrow \Phi_{n-1})$. Это может иметь место, например, при поддержании постоянства давления в кровеносной системе или в трубопроводе.

Данный элемент обладает уже свойствами ***гомеостаза***. Элемент третьего порядка подобен гомеостату Эшби, состоящему из элементов второго порядка, называемых им ***полями***. Этот элемент уже способен к выработке условных рефлексов, т. е. к обучению. Назовем его адаптационным элементом или сокращенно — адэлом. Элементами четвертого порядка являются структуры, распределяющие вещество и энергию между элементарными гомеостатами. Естественно, что данное перечисление не исчерпывает всех возможных элементарных структур, миллионы которых содержатся даже в отдельной клеточке организма. Однако, как будет показано ниже, те же самые принципы лежат и в основе структур более высокого порядка. Из сказанного вытекает, что, начиная с самого элементарного уровня, иерархическое строение организмов и их аналогов автоматов оказывается необходимым и что структура сиэла позволяет анализировать материальную и энергетическую особенности функционирования систем, от чего отказывается Эшби. Такое понимание структуры и функционирования ***включает начала теории иерархии в начала теории систем.***

Но сигнальное реагирование является лишь необходимым, но не достаточным признаком жизни. Недостаточность его связана с тем, что новые природные объекты возникают в результате современных природных процессов. Организмы же сами должны воссоздавать в самих себе те изначальные условия, при которых они возникли и прошли все этапы эволюционных изменений. Об этом говорит, в частности, биогенетический закон Геккеля—Мюллера, согласно которому организм в эмбриональный период своего развития воспроизводит эмбриональные формы своих эволюционных предшественников. Поэтому организмы сами должны искать пищу, преобразовывать ее, расти, размножаться и т. п., т. е. проявлять активность. Исходя из сказанного можно сформулировать следующее определение: ***жизнь — это активный сигнальный способ существования систем.*** Отличие от всех других определений заключается в том, что все свойства жизни, перечисляемые в разных определениях, объединяются на основе сигнальности (информационности), и этим, а не только своей совокупностью, отличают живое от сходных свойств других систем. Это ***определение становится исходным для теоретической биологии и включает ее начала в начала теории систем.***

Что же касается аналогов организмов — автоматов, то они состоят также из инвариантных структур — сиэлов и образованных из них

элементов высших порядков. В силу этого они способны моделировать как высшие функции органической жизни (компьютеры, роботы), так и низшие (компьютерные вирусы). Кроме того, эти инвариантные структуры позволяют уже на научной основе предположить, что физический план жизни может быть реализован на других небесных телах на совершенно других материалах и иных конструктивных решениях, чем органическая форма жизни[8].

Термодинамика организмов тривиальна. Каждый рабочий процесс организма происходит с потерей энергии высокого потенциала. Однако эти процессы либо экономят расход энергии за счет уклонения от разрушительных воздействий, либо восполняют его за счет источников (пищи, фотосинтеза, тепла). Это позволяет естественным образом включить термодинамику в начала теории систем. Таким образом, в итоге решается задача, которая в свое время была сформулирована Л. Берталанфи и создаются в рамках этой задачи начала содержательной теории систем (СТС).

Однако остается не рассмотренным один из важнейших вопросов как теоретической биологии, так и теории систем, на решение которого претендует синергетика. Один из основателей синергетики Г Хакен пишет: «Мы называем систему самоорганизующейся, если она, без специфического воздействия извне, обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру. Под специфическим воздействием мы понимаем такое, которое навязывает системе структуру или функционирование»[9]. Приложив некоторые усилия, из приведенного определения можно понять, что под самоорганизацией здесь понимаются действия, связанные с активностью самого объекта. Именно в этом случае побудительные импульсы возникают внутри самой системы «без специфического воздействия извне» и обретают большее «моральное» право называться самоорганизацией. Дальнейшая дешифровка этого определения помогает понять, что под «специфическим воздействием извне» понимается сигнал (информация). Однако практически не обладающая энергией информация не способна осуществить перестройку системы. Отсюда следует, что система всегда самоорганизуется в результате реакций на информацию, поступающую как изнутри, так и извне. Таким образом, система, как правило, является и самоорганизующейся.

В момент самоорганизации обычно происходят изменения состояний составляющих ее элементов, обеспечивающих новый, соответст-

вующий полученной информации вид деятельности (например, заполнение или освобождение ячеек памяти или изменение существующих между ними связей). В результате роста, эволюции, получения травм, выхода из строя некоторых блоков автоматических систем и т. п. происходит изменение как числа сигнальных элементов, так и их состава. По договоренности можно считать, что самоорганизация начинается с более высокого уровня организации, а именно с того момента, когда система сама перестраивает свою структуру и возобновляет свои попытки. Подобное толкование выводит понятие самоорганизации на более высокий уровень, на уровень третьего порядка, на котором пребывает столь несложная структура, как гомеостат Эшби. На более высоком иерархическом уровне находится акцептор результатов действия, выделенный П.К. Анохиным. Таким образом, становится очевидным, что ***процессы самоорганизации — это процессы в системах, определяемые и характеризуемые изменением числа и состояний их сигнальных элементов.*** Сам же уровень, с которого система должна считаться самоорганизующейся, должен явиться результатом соглашения.

3. Некоторые математические приложения СТС

Приведенные в двух предшествующих данному разделах соображения позволяют перейти к математическому выражению основных понятий СТС. В том числе таких, как уровень организации и изменения ее в процессе самоорганизации с помощью изменения величины неопределенности, содержащейся в шенноновской теории информации, а также сформулировать выражения для исчисления гомеостаза и активности.

Функция гомеостаза. Реальные результаты при использовании методов теории информации и кибернетики получаются обычно в системах, где уже в процессе проектирования устанавливается, что явится для них сигналом и информацией. Проиллюстрируем на примерах, как на основе начал СТС математический аппарат этих и других теорий может быть использован для анализа любых систем. Единственным условием при этом является необходимость представления структуры систем в виде сигнальных элементов.

Иллюстрацию приложений СТС начнем с такой важной проблемы, как гомеостаз. Поддержание гомеостаза обусловлено поддержанием существенных переменных ОС в критических пределах. Главная трудность в анализе ОС заключается в том, чтобы ***перевести все множество их разнокачественных переменных в сопоставимую форму.*** Начнем решать эту задачу с того, что в ОС, описываемой n переменных, отклонения от оптимальных значений происходят одновременно по *k* из них. Введем для анализа этого состояния функцию $Y_i(1 \le i \le k)$, представляющую собой удовлетворенную долю данной потребности.

$$Y_i = \frac{x_i^{kp} - x_i}{x_i^{kp} - x_i^{o}} \to 1 \text{ при } x_i \to x_i^{o} \qquad (1),$$

где x_i — существенная переменная, x_i^{kp}— ее значение соответствующее верхнему или нижнему критическому пределу, выход за который приводит организм к гибели; x_i^{o} — ее оптимальное значение

Смысл Y_i — удовлетворенная на данный момент доля потребности. Величина Y_i и соответствующая потребность D_i соотносятся между собой как

$$D_i = 1 - Y_i \qquad (2).$$

(Для дальнейшего исследования функция Y_i оказывается более удобной, чем функция *D*). Очевидно, что оганизм стремится удовлетворить в первую очередь свою наибольшую потребность, соответствующую наименьшему значению Y_i. Но в каждый момент времени внешняя среда может изменять очередность мотиваций. Например, у животного, у которого первоочередной мотивацией является голод, может существовать в качестве одной из первоочередных мотиваций и жажда. Вполне возможно, что, получив информацию о возможности реализации этой последней потребности, животное ею воспользуется. Попытаемся представить эту ситуацию в математической форме. Очевидно, что для сравнения силы различных раздражителей они, как и потребности должны быть переведены в сопоставимую форму. Для этого конкретное значение каждого раздражителя, выраженное, например, в мг на м^3 вещества в воздухе или звука в децибелах, может быть отнесено к его пороговому значению I. В этом случае вели-

чина данного раздражителя будет выражаться некоторым числом $z(1 \leq z \leq dL)$, где L — относительная величина границы, так называемого запредельного раздражения, вызывающего неадэкватную реакцию организма. В этом случае безразмерный параметр Y_j, отражающий потребность организма в воде будет выражаться уже в виде

$$Y_j = \frac{x_j^{kp} - x_j}{(x_j^{kp} - x_j^o) z_j} \qquad (3).$$

Этим и будет отражено решение животного утолить жажду, так как за счет величины z_j, переменная отражающая потребность в воде станет меньше переменной, отражающей потребность в пище.

Однако в реальности имеют место случаи, требующие более тонкого учета обстоятельств. Так, в опытах А.С. Сосновского подпороговое раздражение пищевого центра голода вызывало у сытого кролика лишь слабую ориетировочно-исследовательскую реакцию. Но в сочетании со вспышкой света, на которую у него был выработан условный рефлекс, кролик немедленно проявлял пищевую реакцию. Примечательно, что до подпорогового раздражения центра голода сытый кролик на вспышку света никак не реагировал[10]. Отсюда следует естественный вывод, что сложение подпороговых раздражителей разного рода до суммы, превышающей некоторое критическое значение, вызывает реакцию, чего не делает каждый из этих раздражителей в отдельности.

Более точным отражением реальной ситуации, чем выражение (3), будет приводимое ниже выражение (4), где

$\sum_m z_v \geq 1$, представляет собой сумму подпороговых раздражителей, относящихся к одной мотивации.

$$Y_i = \frac{x_i^{kp} - x_i}{(x_i^{kp} - x_i^o) \sum z_v} \qquad (4).$$

И такое уменьшение Y_i приблизит очередь на реализацию соответствующей мотивации. Нередки случаи, когда решающую роль в поведении животного будут играть уже не значения существенных переменных, а именно эта сумма внешних раздражителей $\sum_m z_v$

Например, организм может находиться в состоянии полного равновесия (все $x_i = x_i^o$). Но сигналы об опасности или о появлении полового партнера могут резко изменить его поведение.

Еще одно уточнение, приближающее абстракцию к реальности, следует внести за счет того, что изменение величины потребности вызывает изменение соответствующих порогов чувствительности. Например, чувство голода обостряет чувства вкуса и запаха, а чувство сытости наоборот. Это можно отразить выражением в виде $\sum_m z_v(Y_i)$

$$Y_i = \frac{x_i^{kp} - x_i}{(x_i^{kp} - x_i^o)\sum_m z_v(Y_i)} \quad (5),$$

фиксирующим наличие обратной связи между безразмерными величинами потребности и порогов. Естественно, что конкретный характер этой зависимости может быть определен только экспериментальным путем. Подводя итог обсуждению проблемы гомеостаза, отметим, что ***именно такое представление существенных переменных переводит их в безразмерную форму и делает возможным введение функции C — в виде произведения всех n функций*** Y_i.

$$C = \prod_n Y_i \quad (6).$$

Она и выражает состояние гомеостаза организма в целом в виде взаимосвязи «различных параметров его разнообразных потребностей». Действительно, так как при оптимальном значении всех $x_i = x_i^0$ и, соответственно, всех $Y_i = 1$ значение гомеостаза будет максимальным, т. е. $C = 1$. При достижении хотя бы одной существенной переменной критического значения ($Y = 0$) наступает смерть организма, что отражает значение $C=0$. Очевидно, что наиболее ценным для гомеостаза явится прирост по той существенной переменной, значение которой минимально. Именно прирост $\frac{\partial C}{\partial Y_{min}}$ является наиболее насущным и даст максимальный прирост функции C. В общем аналогичные рассуждения остаются в силе и для других организованных

систем, например общества. Здесь также наличие жизненно важного продукта может быть отражено значением *Y*, а общий уровень материальной устойчивости функцией *C*. Использование этих функций в этом виде позволяет объективно оценить информацию, необходимую для материального гомеостаза организованных систем любого вида. Попытка сделать такую оценку была предпринята в свое время А.А. Харкевичем[11]. Его идея заключалась в том, что ценность информации определяется приращением вероятности достижения цели. Однако у него ничего не говорится о том, как объективно осуществить выбор цели. В данном же случае объективно выбирается цель и определяется ценность информации как способствующей повышению вероятности ее достижения. Сходные закономерности в функционировании организованных систем позволяют использовать методы и математический аппарат, разработанный для систем одного класса, для исследования систем другого класса. Представляется, что весьма эффективным оказалось бы использование богатого арсенала математической экономики для исследования биологических объектов. Приведенные выше соображения и являются ответом на вопросы «что делать» и «когда делать» — а именно: ***за счет перевода всех существенных переменных в безразмерную сопоставимую форму и первоочередной максимизации минимальной из них. Таким образом идея доминанты А.А. Ухтомского получает математическое выражение***[12].

Что же касается оставшейся третьей задачи — «как делать», то именно ее пытаются решить в каждом конкретном случае многочисленные исследования, связанные с использованием идей Н.А. Бернштейна и П.К. Анохина.

Функция активности. Аналогичная приведенной выше методика рассуждений позволяет приступить к анализу и другой проблемы теоретической биологии. В нейрофизиологической литературе с давних пор и до настоящего времени ведутся дискуссии об активных и реактивных реакциях организма. Вопрос этот не решен до сих пор, и исследователи, размышляющие над этой проблемой, отделываются общими фразами типа: «В действительности активность... неизбежно содержит моменты реактивности, а реактивные составляющие мозговой деятельности непременно содержат активное начало». Приведенное выше определение жизни позволяет разделить активность и реактивность не только на вербальном, но и на математическом

уровне. Границы активных и реактивных действий не всегда четко различимы: пища, например, может быть необходима не только для гомеостаза, но и для роста, и размножения. Ситуация проясняется при использовании введенного в биологию несколько десятилетий назад, но не получившего широкого распространения понятия гомеореза — гомеостаза, имеющего место в каждый момент существования организма. Такое понимание гомеостаза как динамического процесса делает деление мотиваций организма на активные и реактивные более четким. Становится очевидным, что ***к реактивным действиям следует отнести те, которые отвечают потребностям организма в данный момент, активные — вызванные потребностями, отвечающими целям будущего особи или вида.*** Например, если животное защищает себя от напавшего хищника, то это будет реактивное поведение. Если же оно обустраивает свое жилище таким образом, чтобы обезопасить себя в будущем от подобных нападений и свое потомство, то это поведение следует отнести к активному. Активность жизни проявляется уже при минимальном гомеорезе — даже чахлое растение принесет хоть небольшое количество семян. Не связана с гомеорезом игровая деятельность животных, строительство нор и гнезд, создание пищевых запасов и т. п. Отсюда разделение реакций в математическом представлении с уровня, при котором организм может приступить к активным действиям:

$$C_{min\ a} = C - C_{mi} \qquad (7),$$

$C_{min\ a}$ — начальная величина активности, которую может реализовать организм без опасности нарушения гомеореза, характеризуемого величиной C_{min}. Очевидно, что чем выше уровень гомеореза, тем больше средств будет выделять организм на нужды активности. Отсюда

$$C_a - C_a(C) \qquad (8).$$

Функция, отражающая степень удовлетворения того или иного вида активности Y_j^a может быть представлена в виде аналогичном (6):

$$Y_j^a = \frac{x_j^{kp} - x_j}{(x_j^{kp} - x_j^o)\sum_l z_v(Y_j)} \qquad 1 \le j \le k \qquad (9).$$

Но смысл переменных здесь будет иной, чем в случае выражений для гомеостаза: x_j — означает степень реализации какого-либо рода активности: игровой, сексуальной, исследовательской и т. п.; x_j^{kp} в значении критического предела будет иметь смысл некоего предельного значения потребности реализовать данный вид активности, x_j^o — оптимальная степень ее реализации; z_v — один из l внешних раздражителей, подвигающий организм на реализацию данной потребности. Зависимость $z_v = z_v (Y_j)$ отражает изменение восприимчивости организма к раздражителям по мере изменения степени удовлетворения потребности в процессе реализации активности.

При характеристике активности организма в целом необходимо учесть ряд отличий ее от гомеостаза. Поддержание значений всех существенных переменных около их оптимальных значений одинаково важно для организма. Поэтому их сравнение их в виде (6) вполне оправдано. В то же время, при ограниченном ресурсе, выделяемом организмом на цели активности, и в силу того, что активность того или иного рода может не являться жизненно важной для особи, набор различных видов активности и доля каждой в наборе могут быть существенно различными. Так, у одной особи может доминировать сексуальная форма активности, поглощающая большую часть ресурса, свободного от нужд гомеостаза. У другой особи может доминировать исследовательская форма активности и т. п. Необходимо также учесть и то, что у высших животных и человека различные виды активности могут широко варьировать, так как целый ряд потребностей может у них возникнуть в результате обучения или воспитания. Таким образом, энергетический ресурс, выделяемый организмом на реализацию активности, будет перераспределяться между ее видами. Все это можно отразить коэффициентом $f \geq 0$. Значение $f = 0$ будет означать отсутствие потребности к данному виду активности. Определение же конкретных значений этого коэффициента должно явится предметом исследования биологов, дрессировщиков, психологов и педагогов. В итоге значение некоторого вида активности приобретет вид:

$$D^a_{if} = fD^a_j \qquad (10).$$

Отсутствие того или иного вида активности отнюдь не всегда является гибельным для организма. Поэтому итоговую величину уже следует выражать не произведением переменных, а их суммой, которую ОС стремится минимизировать. Тогда

$$C_a - \sum D_{if}^a \qquad (11).$$

Естественно, что человек или животное стремятся удовлетворить максимально все свои потребности, связанные с активностью, т. е. достичь состояния максимума C_a. При этом в первую очередь будут удовлетворяться те из этих потребностей, к которым подталкивают наиболее сильные эмоции или наиболее убедительные доводы рассудка (если речь идет о человеке). Этому состоянию будет соответствовать в (9) минимальное значение числителя или максимальная степень благоприятности обстоятельств, что отражается там же величиной $\sum_l z_v$ Естественно, не всякая активность является полезной как для особи, так и для вида с точки зрения практической пользы, а для человека и с этической точки зрения. Учесть воздействие такого рода активности на итоговый характер активности организма в целом можно знаком «минус» при суммировании в (11), что соответственно уменьшит величину полезной активности или даже сделает ее отрицательной.

Приложения теории информации к СТС. Понятия сиэла, программы и информации позволяют использовать достижения теории информации для исследования организмов и сложных автоматов. Проиллюстрируем это утверждение на следующих примерах. Так *H*-набор реакций некоторого сиэла на информацию (т. е. его состояний) и вероятностей их реализации может быть представлен как

$$H = -\sum_{n_1} p_i lbp_i \qquad (12),$$

где *p* — вероятность нахождения сиэла в *i*-ом состоянии;
lb — log_2 от латинского *binary* — двоичный.

Соответственно неопределенность состояний реэла *H* может быть выражена

$$H = -\sum_{n_2}\sum_{n_1} p_{jk} lbp_{jk} \qquad (13),$$

где n_2 — число сиэлов в реэле,
k — номер сиэла в реэле.

Отметим, что j — индекс под знаком p поставлен вместо индекса i, потому что сиэл, включенный в реэл, меняет как число состояний, так и их вероятность. В общем случае очевидно, что зависимость между сиэлами в реэле приобретает условный, байесовский характер. Подобные этому изменения происходят и на высших уровнях, например с человеком, попавшим в коллектив. Эти изменения для сиэла могут быть выражены разностью

$$\delta H = -\sum_{n_1} p_i lbp_i + \sum_{n_2} p_v lbp_v \qquad (14).$$

В общем случае характеристика организации системы, имеющей m иерархических уровней, может быть в простейшем случае отражена зависимостью:

$$H_{or} = -\sum_{n_m}\sum_{n_{m-1}}\cdots\sum_{n-l}\cdots\sum_{n_1} p_k lbp_k \qquad (15).$$

Если суммирование производить лишь по разнообразию сигнальных элементов разных уровней, то это будет характеристикой типичной особи данного вида. Если же суммировать по всем элементам, то это даст представление и об ее относительном размере. Из (13–15) следует также, что величина организации зависит не только от количества элементов, но и от числа их состояний, что подтверждается экспериментами Л.В. Крушинского[13]. Он показал, в частности, что интеллектуальное превосходство ворон над голубями определяется не столько превосходством в количестве нейронов, сколько количеством контактов (синапсов) между ними. То же, очевидно, справедливо и для человека, масса мозга которого существенно может уступать таковой у слона и ряда китовых.

Однако представляется, что принципиальное разнообразие элементов не должно быть большим. Так, человек, наливающий стакан воды, уподобляется реэлу, отключающемуся, как только стакан наполнится. Попав в незнакомую обстановку, он вынужден искать выход из нее путем проб и ошибок подобно гомеостату Эшби, состоящему из «полей» — реэлов. Руководитель учреждения, распределяющий средства между его подразделениями, подобен элементу четвертого порядка, распределяя средства между текущими расходами и расходами на расширение и развитие организации — пятого и т. п. При этом

структурные и информационные вычисления отнюдь не следует начинать с биохимического уровня. Человек на службе, например, может обладать ограниченным набором линий поведения, определяемым должностными инструкциями. В этом случае его поведение аналогично поведению сиэла и описывается выражением (12). Последовательная подготовка документа для руководства сотрудниками до утверждения его руководством — схемой реэла и т. д. Естественно, дальнейший анализ структуры организованных систем может выявить принципиально новые структурные элементы — например элементы, обеспечивающие обучение. Именно сходством структур высших иерархических уровней со структурами низших в организованных системах и объясняется повторение того, что К.В. Судаков называет системоквантами. Однако, если распространять понятие системоквантов на косную материю, следует учитывать, что там природа сходства принципиально иная: у этих систем она определяется стабильностью или лабильностью их состояний, условия существования которых рассмотрены в[14], а термодинамический механизм — в[15].

Коснемся темы, пронизывающей всю историю философии от Платона до Вл. Соловьева, — темы гилозоизма, одушевленности всей материи[16]. Начнем с того, что все наши мысли и чувства проявляются первоначально в виде химических реакций, т. е. перестроек внешних электронных оболочек атомов. По мере движения от сложных организмов к простейшим обедняется не только внешний спектр процессов, но и внутренний — исчезают постепенно мысли и чувства, остается сужающийся спектр ощущений. Отсюда может быть сделано по крайней мере два вывода. Первый — что вместилищем неких праощущений может явиться атом (не берутся же они из ничего) и, как и предполагал Соловьев, их силы сцепления и отталкивания — не что иное, как проявление «эмоциональных» реакций. Второй — что сложность и размеры структур организмов коррелируют со сложностью душевной сферы, вместилищем которой они могут явиться. Но ведь неорганическая материя состоит из тех же атомов, что и органическая, и усложнение ее идет также многими качественными этапами. Это минералы, породы, слои и далее с одновременным усложнением ее психосферы, о чем мы пока можем лишь строить догадки. Действительно, ведь достоверные сведения о строении Земли получены лишь в одном месте — на Кольской сверхглубокой скважине, где бур проник на глубину, составляющую 0,2% ее радиуса. Но психосфера различается существенно

даже у разных людей, строение мозга у которых в принципе одинаково. Чтобы убедиться в этом, достаточно взглянуть на полотна различных художников. Тем более она должна быть иной у неорганической материи, если она ею обладает. Таким образом, выводы, полученные здесь о структуре и функционировании организмов и автоматов, возможно могут быть перенесены впоследствии на объекты, состоящие из той материи, которую ныне мы рассматриваем как косную, если сумеем найти способы контакта.

В заключение отметим, что мы далеки от того наивного представления, что можно описать всю жизнедеятельность организмов формальными процедурами, игнорируя ощущения, чувства, волю, творческие решения проблем и т. п. Прибегнем для пояснения этого утверждения к аналогии. Допустим, дикарь находит транзистор и приводит его в действие. У него возникает дилемма: все ли генерируется в транзисторе или приходит из огромного мира. Очевидно, что не только дикарь, но даже интеллектуал прошлого века применил бы здесь «бритву Оккама» и пришел бы к выводу, что в транзисторе. Более того, он попытался бы исследовать внутренности приемника, чтобы найти в нем генерирующие устройства. Не так ли поступают ныне нейрофизиологи, исследуя мозг?

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Судаков К.В., Агаянц Г.Ц., Вагин Ю.Е., Толпыго С.М., Умрюхин Е.А.* Системокванты физиологических процессов. М., 1997.

[2] *Судаков К.В.* Голографическое единство мира — основа космического сознания // Экологическая культура и образование. Опыт России и Югославии. М., 1998.

[3] *Кругликов Р.И.* Синергетика и системный подход в изучении интегративной деятельности головного мозга // Экспериментальная физиология. Т. 2. М., 1993.

[4] *Пенфилд В., Робертс Л.* Речь и мозговые механизмы. Л., 1964.

[5] *Пригожин И., Николис Ж.* Биологический порядок, структура и неустойчивости // Успехи физических наук. 1973. Т. 109, Вып. 3.

[6] *Смирнов С.Г* Симбиоз зрелых наук // Природа. 1975, № 6.

[7] *Кафиани К.А.* Некоторые механизмы биохимической саморегуляции на уровне клеток // Биологические аспекты кибернетики. М., 1962.

[8] *Штеренберг М.И.* К вопросу о функциональном определении жизни // Вопросы философии. 1967, № 3; *он же.* Информация, техника, жизнь // Знание. Сер. Техника. 1971, № 2; *он же.* О структурных вопросах биологической термодинамики // Институт биологии развития АН СССР. Тезисы докладов. 1977; *он же.* Проблема Берталанфи и определение жизни // Вопросы философии. 1996, № 2; *Он же.* Феномен жизни, или новый подход к его пониманию // Интеллектуальный мир. Газета РАЕН. 1998, № 17; *он же.* Сущность жизни и общая, но содержательная

теория систем // Теория эволюции: наука или идеология? Труды XXV Любищевских чтений. Москва-Абакан.1998.

[9] *Хакен Г* Информация и самоорганизация. М., 1991.

[10] *Судаков К.В.* Мотивы поведения животных // Знание. Сер. Биология. 1971, № 2.

[11] *Харкевич А.А.* О ценности информации. Проблемы кибернетики. Вып. 4. М., 1960.

[12] *Ухтомский А.А.* Доминанта. М.-Л., 1966.

[13] *Крушинский Л.В.* Возможный механизм рассудка // Природа. 1974, № 5.

[14] *Эшби У.Р.* Конструкция мозга. М., 1962.

[15] *Штеренберг М.И.* Синергетика и биология // Вопросы философии. 1999, № 2.

[16] *Соловьев Вл.С.* Лекции по истории философии // Вопросы философии. 1989, № 6.

С.В. Светлов

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Весь комплекс наук о живом, составными частями которого являются такие разные сферы, как молекулярная биология, физиология, экология и многие другие, требует единого осмысления. Такое осмысление может быть осуществлено только на основе разработки единых теоретических основ, охватывающих все эти сферы, несмотря на их значительные различия. До тех пор, пока таких теоретических основ ещё не создано, рано говорить и о создании теоретической биологии. Тем не менее за прошедшее столетие были сделаны важные шаги на пути в этом направлении.

Этот путь в значительной мере оказался сопряжен с созданием практических технологий по управлению биологическими организмами и их генетической модификацией, получивших обобщенное название «биотехнология». По существу, новые теоретические достижения в этой области были теснейшим образом связаны с практическим воплощением новых знаний, что особенно проявило себя благодаря разработке и применению методов генетической инженерии. Человечество получило возможность целенаправленным образом менять генетические программы развития и функционирования биологических организмов, что кардинальным образом расширило потенциальное возможности воздействия человечества на биосферу в целом.

Значительные достижения стали возможны благодаря установлению глубинной основы организации живого: что информация, записанная в виде последовательности нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот, реализуется («считывается»), определяя последовательность аминокислот в молекулах белков; что эти две формы записи информации соответствуют друг другу. Это соответствие получило звучное название «генетический код», хотя иногда этот термин используют и в качестве синонима понятия «геном». После этого были разработаны методы, позволяющие изменять последовательности нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот, «разрезать»

и «склеивать» эти молекулы произвольным образом. Эти методы получили не менее звучное название — «генетическая инженерия».

Таким образом, расшифровав генетический код и развив методы генетической инженерии, оказалось возможным произвольно менять последовательности нуклеотидов в геноме биологических организмов с целью придания им новых свойств, что обычно осуществляется путем «встраивания» уже готовых фрагментов генетических программ одних организмов в геномы других организмов благодаря чему оказалось возможным модифицировать культивируемые в искусственных условиях микроорганизмы так, что они получают способность продуцировать специфические человеческие белки, широко применяемые в медицине. Этим путём удалось избавиться от старых методов производства ряда лекарственных препаратов — использования органов животных и даже умерших людей в качестве сырья.

Но знание «генетического кода» отнюдь не закрывает всех проблем, связанных с глубинной основой организации живого. Даже полное выяснение последовательности нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот всего организма ещё не даёт полного понимания смысла всего этого генетического «текста». Реализация этой информации в биологическом организме происходит сложным многоступенчатым образом, и то, что именно «закодировано» в данном генетическом «тексте», далеко не всегда понятно. Остаётся также нерешенной полностью и обратная проблема — кодирование желаемой структуры или функции биологического организма в виде соответствующего генетического «текста». В настоящее время, зная «генетический код», можно «закодировать» желаемый белок, но каким образом закодировать определенный орган или структуру организма — этот вопрос остается открытым.

Проблема «генетического кода» в целом ещё полностью не решена, а его «расшифровка» ещё далеко не окончена. Понятна лишь определенная часть этого «шифра» — соответствие последовательности нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот последовательности аминокислот в молекулах белков. Но остаётся невыясненным принцип кодирования структур и функций биологических организмов в геноме. С этим, в определенном смысле, связана и другая проблема теоретической биологии — естественное создание новых биологических видов. Современное решение этой проблемы состоит в том, что новые биологические виды возникают в результате случайных генетических изменений (мутаций). Организмы с «полезными» мута-

циями выживают и дают начало новым видам, а организмы с «вредными» мутациями — погибают.

Но процесс создания новых биологических видов, несмотря на длительную и детальную проработанность эволюционной теории, не всегда может так легко быть объяснён только случайными мутациями. Проблемы возникают в тех случаях, когда для появления нового биологического вида требуется создание принципиально новой сложной структуры, обеспечивающей ту или иную функцию, например, ультразвукового локатора, обеспечивающего ориентацию в пространстве и определение местонахождения добычи. Такой ультразвуковой локатор должен «кодироваться» весьма значительным объёмом генетической информации, возникновение которой случайным образом довольно проблематично. Но и реальных альтернативных путей появления такой информации, по крайней мере в рамках общепринятых научных теорий, пока ещё не найдено.

Можно было бы предположить существование в биологических организмах специальных механизмов, ответственных за целенаправленное формирование необходимой генетической информации, обеспечивающей возникновение определенных структур или функций. Но экспериментально существование таких механизмов до сих пор не установлено, их возможное наличие в биологическом организме обычно отрицается в принципе. Вместе с тем отсутствие подобных механизмов вовсе не означает полное решение проблемы появления значительных объемов генетической информации в результате случайных мутаций. Точнее говоря, собственно объем случайно появившийся генетической информации может быть весьма значительным, но проблема состоит в том, что эта информация должна быть самым тщательным и детальным образом структурирована и выверена.

Генетическую информацию можно сравнить с определённым литературным произведением, и в этом сравнении становится понятной та проблема, которая возникает при объяснении её появления в результате «случайности». Собственно говоря, не приходится объяснять то, насколько нереально появление новой повести или романа, даже одной из их глав в результате случайного перебора клавиш пишущей машинки. Другим сравнением, даже ещё более точным, может послужить написание компьютерных программ, где даже одна ошибка в каком-либо символе способна привести к полной неработоспособности всей программы. Такое строгое соответствие имеет

место и в генетических программах, где также даже одна ошибка может привести к нежизнеспособности всего организма. Уникальный генетический текст, таким образом, должен быть «написан» сразу во всём его объёме и без единой ошибки, причём «написан» чисто случайно.

С проблемой случайного появления больших объёмов структурированной генетической информации сталкивается и ещё одна длительно и тщательно разрабатываемая область теоретической биологии — теория происхождения жизни. Оставаясь в рамках научного подхода, в целом разработка этой теории базируется на представлении о естественном происхождении живого (биологических организмов) из неживого вещества (химических элементов, составляющих биологические организмы, находящихся в форме неорганических соединений и простейших органических соединений — «строительных блоков»). Вариации естественного происхождения живого существуют относительно конкретного места появления жизни — планета Земля, другие планеты Солнечной системы или ещё более дальние космические объекты. Разумеется, это обстоятельство весьма важно, но не так существенно, как определение самого механизма самопроизвольного появления простейших биологических организмов из неживого вещества.

В том, что произошло естественное самопроизвольное появление простейших биологических организмов из неживого вещества, оставаясь в пространстве современных научных теорий, сомневаться не принято, но каким образом «строительные блоки» самопроизвольным образом объединились именно так, что создали простейший биологический организм, остаётся совершенно непонятным. Если не учитывать, что даже для самого простейшего организма помимо генетической информации требуется наличие уже готового аппарата для её считывания (а это само по себе представляет значительную проблему), необходимый минимальный объём структурированной генетической информации оказывается слишком велик, чтобы её возникновение легко можно было объяснить только случайными причинами. Любое другое объяснение также выводит нас из пространства существующих научных представлений.

Ещё одной важнейшей проблемой теоретической биологии является создание теории, описывающей принципы и механизмы функционирования биологических организмов на молекулярном уровне. Те химические соединения, которые составляют биологический орга-

низм, ведут себя в химическом отношении весьма сложным образом, отличным от того, как ведут они себя вне организма. Живое состояние организма как бы оказывает на химические соединения своё, далеко ещё не выясненное действие, «заставляя» их вступать в реакции друг с другом именно таким образом и именно в таких объёмах, какие требуются для данного организма в данной стадии его развития и в данных условиях окружающей его среды. Ничего подобного вне живого наблюдать не приходится — там все химические соединения реагируют друг с другом таким образом и в таких объёмах, какие соответствуют уже открытым химическим законам.

В определенном смысле можно сказать, что химические соединения в биологических организмах подчиняются биологическим законам, ещё далеко не понятым и не открытым. Эти законы «заставляют» химические соединения реагировать именно так, как нужно биологическому организму. Химические реакции в живом организме не протекают «до конца», как протекали бы они вне организма. Их течение осуществляется лишь до того момента, который задается организмом в соответствии с его собственными «целями». Так, например, течение химических реакций в микроорганизме может быть прекращено, если он «посчитает» условия окружающей среды неблагоприятными и впадёт в состояние анабиоза. В сходное состояние могут впадать и многие высшие организмы. Существенным обстоятельством является также способность живых организмов осуществлять целые каскады химических реакций, имеющих разное направление и назначение, в одной единственной клетке.

Таким образом, поведение химических соединений в биологических организмах не может быть описано известными химическими законами, но и существование особой «жизненной силы» уже давно выведено за пространство научных представлений. Осознание того факта, что объяснение причин необычного поведения химических соединений в биологических организмах до сих пор отсутствует, было в некоторой мере отодвинуто на второй план несомненными успехами биохимии и молекулярной биологии, а также развитием представлений о поведении сложных систем, энтропии, синергетики и т. п. Но во всех этих представлениях нет объяснений глубинных причин необычного поведения химических соединений в «живом веществе», столь разительно отличающегося от их поведения в «неживом веществе».

Ещё одной проблемой теоретической биологии является объяснение принципов функционирования и причин возникновения разума.

Эта проблема по существу является наиболее «близкой» для человека как единственного «разумного существа» в окружающей его природе. Относительно существования других разумных существ, по крайне мере в Солнечной системе, современная наука пришла к однозначному отрицательному выводу, поэтому сравнения единственного реального «разумного существа» может быть проведено только с «неразумными биологическими организмами» и с «разумными компьютерными моделями». Однако как в том, так и в другом случае эти сравнения далеки от желаемых условий (наличия других реальных разумных биологических организмов), поэтому для понимания принципов функционирования разума они не могут дать всего количества необходимой информации. По этическим соображениям ограничено и пространство реальных экспериментов над самим носителем разума.

Все эти обстоятельства, складывающиеся для исследователей столь неблагоприятным образом, дают некоторые основания для пессимистических выводов относительно перспектив исследований в этой области. Звучат общие рассуждения о том, что человек не сможет до конца познать самого себя, что для этого в принципе необходим более «разумный» познающий субъект. Но тем не менее исследования в этой области продолжаются, и нельзя с полной уверенностью отрицать возможность понимания принципов функционирования человеческого разума лишь на том основании, что эти исследования осуществляются самим человеком. Расшифровка этих принципов, вне всякого сомнения, окажется самым значительным научным достижением, сравнимым только с пониманием принципов организации всей Вселенной.

Таким образом, названные выше проблемы теоретической биологии, затрагивающие её основные составляющие, ещё достаточно далеки от полного решения. Хотя без их решения невозможно возвести всё здание теоретической биологии, необходимо по мере возможности создавать его контуры, чётко определяя те «пустоты», которые должны быть со временем «заполнены». Вместе с тем, реально существующая тенденция состоит в стремлении максимально закамуфлировать многие нерешенные проблемы, создать «красивый декоративный фасад» этого здания.

Можно сказать, что проект здания теоретической биологии должен представлять собой своеобразную пентаграмму, основные структуры которой являются отображением пяти «узловых» проблем, частично рассмотренных ранее. В этих основных структурах существен-

ную роль должны играть те возможные теории, которые каким-либо образом решают эти проблемы, объясняют возникающие противоречия с общепринятыми в настоящее время теориями. Это отнюдь не означает, что тем самым предпринимается попытка отбросить существующие теории или как-то умалить их значение. Их господствующее в настоящее время положение было достигнуто в результате длительной и упорной борьбы, принимавшей в некоторых случаях даже политический характер и имевшей трагические последствия для её участников. Эти теории в большинстве своём получили значительное экспериментальное подтверждение и, более того, имеют успешное практическое применение.

Вместе с тем существует ряд моментов, которые с трудом объясняются этими теориями, или не объясняются ими вовсе. На таких моментах в настоящее время не принято акцентировать внимание; считается, что они получат своё объяснение по мере развития общепринятых теорий. Однако такое стремление максимально завуалировать противоречия, сгладить «острые углы» ведёт к тому, что здание теоретической биологии теряет свою стройность, на нём появляются некоторые «расплывчатые» элементы, вуалирующие основной каркас этой конструкции. В этой связи важной задачей в настоящее время представляется кардинальным образом изменить подход к построению здания теоретической биологии — убрать настроенные на нём «расплывчатые» элементы, освободив тем самым его основной каркас и проявив сглаженные ранее «острые углы». Такой подход позволит в гораздо большей степени сосредоточиться на необъясненных моментах и выявить области приложений предстоящих теоретических и экспериментальных исследований.

Особо следует отметить, что вся эта работа должна рассматриваться не в качестве попытки опровергнуть какую-либо из общепринятых теорий или реанимировать какую-либо из опровергнутых теорий. Восприняв эту работу именно в таком контексте, можно лишь вернуться на уже пройденные этапы борьбы одних теорий с другими. Такой путь представляется весьма контрпродуктивным. Напротив, предстоящая работа должна строиться в контексте создания единого целостного здания современной теоретической биологии, в котором все ранее выдвинутые теории должны найти «своё место», выявив таким образом контуры новых построений. Вот эта процедура «оконтуривания» и должна стать важной составной частью предстоящей работы.

В некоторых случаях такой подход может привести даже к своеобразному синтезу, казалось бы, взаимоисключающих друг друга теорий, как это произошло с волновой и корпускулярной теориями света. Как известно, эти две взаимоисключающие теории в конце концов нашли своё воплощение в общей единой теории. В теоретической биологии также возможен схожий синтез различных теорий, находящихся ранее в оппозиции друг другу. Естественно, что такой синтез будет иметь место не во всех случаях, и некоторые теории будут безвозвратно отброшены как не соответствующие действительности или поставлены в определенные «граничные условия», как это произошло, например, с классической механикой в физике. Однако даже полное отбрасывание ошибочных теорий вовсе не означает их полную бесполезность, по крайней мере в некоторых случаях, они могут дать определенный материал для построения общей конструкции.

Сосредоточиваясь на построении целостного здания теоретической биологии, следует подчеркнуть те проблемные пространства, которые не «заполнены» современными общепринятыми теориями. Оконтуривание этих проблемных пространств, их специальное выделение и научный анализ должны стать важнейшей составной частью предстоящей работы. Иными словами, необходимо системное определение тех научных фактов, которые не вписываются в современные теории, выявление всех тех моментов, которые не объясняются ими. В условиях борьбы различных конкурирующих теорий эта работа рассматривалась бы как попытка опровергнуть ту или иную теорию, но при построении здания теоретической биологии она должна рассматриваться как созидательная, структурирующая различные теории в единое пространство теоретической биологии.

В пентаграмме проекта здания теоретической биологии не только «узловые» проблемы образуют такие «не заполненные» пространства, но и внутри каждого «узла» также имеются подобные пространства. Следовательно, предстоящую работу целесообразно начать с анализа «узловых» проблем пентаграммы, а затем можно переходить и к зданию теоретической биологии в целом. Работа эта должна проходить с учётом возможности построения не только здания теоретической биологии, но и всего естествознания, как бы это ни казалось несбыточным в настоящее время. Именно такие «дальние» перспективы должны учитываться уже на первоначальных этапах, поскольку во многих случаях проблемы теоретической биологии реально тесно соприкасаются с проблемами физики и химии. Особенно от-

чётливо это проявляется при рассмотрении молекулярного «уровня» организации биологических объектов — там, где по общепринятым теориям утрачивается «специфика живого», поскольку «невозможно говорить о «живых» молекулах».

Областью тесного соприкосновения биологии и физики является сфера, которую можно назвать «полевой» или «электромагнитной». В этой области находятся такие понятия, как «биополе», и другие, не входящие в общепринятые современные научные теории, но тем не менее получившие достаточно широкое распространение. В этой сфере безусловно существует множество ошибочных теорий, заблуждений и даже вымыслов, что вовсе не означает её огульного отрицания. Объяснение жизнедеятельности организмов преимущественно в химических категориях, столь распространенное в настоящее время, несомненно односторонне и не охватывает всю многогранность живого организма. Электромагнитные исследования, столь успешно продвинутые в сфере техники, в отношении биологических объектов находятся по существу лишь в начальной стадии своего развития.

Что представляет собой живой организм с точки зрения электромагнетизма? Как он может быть описан исходя из «волновых» и «полевых» теорий? Насколько соотносятся современные представления о «биополе» с реальной действительностью? Все эти вопросы только ещё ждут своего научного разрешения. Отчасти такое положение может быть объяснено существованием у биологических организмов чрезвычайно слабых электромагнитных полей, лежащих на пределе или даже за пределами чувствительности современных электронных приборов. Действительно, для проведения многих экспериментов в этой сфере приходится применять уникальное электронное оборудование, имеющее предельно достижимую в настоящее время чувствительность. Это достигается, в частности, применением сверхмощных защитных экранов, охлаждением датчиков до сверхнизких температур, проведением экспериментов вдали от посторонних источников электромагнитного излучения...

Однако необходимость работы на пределе чувствительности является не единственной причиной, обусловливающей относительно медленное продвижение научных представлений в этой сфере. Другой причиной является чрезвычайная сложность изучаемых процессов и относительно слабая разработанность теоретической базы. Действительно, если электромагнитные процессы в технике были изучены на самых простейших моделях и лишь постепенно произо-

шел переход ко всё более сложным объектам, то в биологии учёным, занимающимся электромагнитными исследованиями, сразу приходится иметь дело с чрезвычайно сложными объектами, «упростить» которые нет никакой возможности без потери их биологической специфичности — состояния жизни. Только в этом состоянии биологический объект представляет исследовательскую ценность в этой сфере. Электромагнитную «составляющую» биологического организма нельзя изучать, разложив его на «составные части», что широко применяется в биохимических исследованиях. К тому же наибольший интерес в этой области представляют прежде всего наиболее сложно устроенные биологические организмы — животные и сам человек, промоделировать же эти исследования на простейших организмах также не представляется возможным.

Всё вместе взятое и составляет трудно преодолимый барьер, отделяющий современные исследования в этой сфере от создания достаточно полных теорий и тем более от получения значимых практических результатов. Однако именно из этой области следует ожидать как новых, более полных представлений о принципах организации живого, так и практических приложений. Создание адекватных теорий, охватывающих электромагнитный и физический «уровень» организации живого, даст основу для разработки соответствующих методов воздействия на биологические объекты, которые в значительной мере будут дополнять современные методы биотехнологии, что выведет её на новый, качественно более высокий уровень. В этом плане можно даже говорить о создании «электромагнитной биотехнологии», имея в виду овладение методами электромагнитного воздействия на биологические объекты в той же мере, как это произошло с химическими методами, составившими основу «генетической инженерии». Имея в виду эту широко распространившуюся терминологию, данные методы могут быть названы «электромагнитной биоинженерией». Таким образом, современная биотехнология, базирующаяся на химических методах «генетической инженерии», получит в своё распоряжение физические методы «электромагнитной биоинженерии».

Методы электромагнитной биоинженерии могут быть использованы в тех случаях, когда не требуется перестройка генома для получения нового микроорганизма, сорта растений или породы животных. В частности, эти методы могут быть использованы для модификации отдельных людей в тех случаях, когда вмешательство в их геном

представляется нецелесообразным. Такие случаи могут быть связаны с желанием или необходимостью изменения информации, находящейся в данном человеке и не имеющей генетического характера. Естественно, что это действие связано со многими этическими и юридическими проблемами, однако такая же ситуация возникает при любом другом типе воздействия, в том числе и воздействия посредством модификации генома человека. Практика таких воздействий должна базироваться на всесторонне разработанной теоретической основе, дополненной соответствующими законодательными актами. Однако необходимость комплексного подхода не должна служить препятствием для разработки и применения новых методов, поскольку аналогичная ситуация в той или иной мере имеет место с большинством новых высоких технологий, применение которых почти всегда влечет за собой необходимость решения множества этических и юридических проблем.

Например, широкое применения ядерных технологий вызвало необходимость решения целого каскада проблем, связанных с размещением ядерных объектов их потенциальной опасности для проживающего рядом населения, перевозкой, переработкой и хранением отработанного ядерного топлива (ОЯТ), или, пользуясь терминологией экологов, «радиоактивных отходов». Эти технологии вызвали необходимость решения этических и юридических проблем, связанных с компенсацией материальных и моральных потерь жертвам радиоактивного заражения, лицам, подвергшимся облучению и т. д. Какие дозы радиации дают основание для получения материальной и моральной компенсации? Каковы должны быть размеры этой компенсации? Как можно доказать, что ущерб был нанесен именно в результате воздействия ионизирующей радиации и именно от конкретного источника радиации? Новые проблемы возникают и в связи с применением ионизирующей радиации в лечебных и диагностических целях. Может ли пациент отказаться от диагностического исследования этими методами и требовать применения иных методов? Какова степень риска при проведении таких процедур? Как можно доказать, что именно это воздействие привело к нарушению здоровья? Для объективного ответа на эти вопросы нужна всесторонняя теоретическая база, для чего необходимо проведение фундаментальных научных исследований.

Аналогичные проблемы могут иметь место и при использовании методов электромагнитной биотехнологии. Хотя потенциальную воз-

можность негативных последствий при использовании этих методов нет оснований преувеличивать, особенно по сравнению с широко применяемыми методами иного характера, нельзя и априорно отрицать эту возможность или намеренно преуменьшать её. Сама эта возможность по своему происхождению имеет две составляющие — «объективную», связанную с недостаточно полным знанием объективных законов и принципов, лежащих в основе функционирования биологических организмов, и «субъективную», связанную с возможностью целенаправленного или случайного использования этих методов в деструктивных целях. Субъективная составляющая должна быть минимизирована посредством тщательной регламентации применяемых технологий в государственном и частном секторе созданием действенных механизмов контроля над ними, в том числе и со стороны общественных структур. Объективная составляющая может быть минимизирована только на основе всесторонней теоретической базы, и в этом контексте возможно также говорить о «теоретической биотехнологии».

Создание теоретической биотехнологии возможно только в теснейшей взаимосвязи с построением здания теоретической биологии. Значительное количество законов, понятий и терминов в этих сферах находятся в «совместном» пользовании. И в этой связи уместно рассмотреть применение такого понятия, как «живое вещество». В настоящее время это понятие почти вышло из научного лексикона. Собственно говоря, оно используется лишь в иносказательном смысле — для обозначения совокупности живых организмов в глобальном масштабе. В его же прямом смысле — для обозначения субстанции, составляющей живой организм, это понятие в настоящее время не используется. Причиной является установление того факта, что живое состоит из химических соединений — «неживого вещества», а живым является только их специфическая организация — «организм». Таким образом, центр внимания при определении специфики живого был перенесен со специфики составляющей его субстанции (вещества) на специфику его организации (организм). Иными словами, понятие «живое» могло быть применено только к определенной форме организации, а к веществу оно не могло применяться в принципе.

Тем не менее специфическая организация живого — «организм» — не имеет достаточно точного универсального описания. Для многоклеточных организмов описание их строения базируется на описании составляющих их «органов». Для одноклеточных организ-

мов описание их строения базируется на описании составляющих их «органелл», однако здесь стройность данного подхода начинает утрачиваться — приходится прибегать к таким понятиям, как «молекула». Для неклеточных форм жизни само понятие «организм» можно применить лишь с очень большой долей условности — в таком организме нет ни привычных нам «органов», ни даже «органелл», сам «организм» в данном случае представляет собой конгломерат молекул, в простейшем случае — одну молекулу. Фактически, это уже вовсе никакой не организм, а химическое вещество, состоящее из молекул. Но, таким образом, к нему возможно применение понятия «живое вещество», причем уже не в иносказательном (как совокупности живых организмов в глобальном масштабе), а в самом прямом смысле.

Системный подход в современной науке

К 100-летию Людвига фон Берталанфи

Директор издательства *Б.В. Орешин*
Зам. директора *Е.Д. Горжевская*
Зав. производством *Н.П. Романова*

Подписано в печать 30.12.03. Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1.
Печать офсетная. Печ. л. 35,25. Тираж 1000 экз. Заказ № 7010

Издательство «Прогресс-Традиция». 117049, Москва, Крымский вал, д. 8
119048, Москва, ул. Усачева, д. 29, корп. 9. Телефон (095) 245-53-95, 245-49-03

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНИТИ»,
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел. 554-21-86

ISBN 589826146-X

9 785898 261467