

СИСТЕМНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологические
проблемы

Ежегодник
1985



СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ | 1985 |

ЕЖЕГОДНИК
1985

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

•

ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ
ЗНАНИЙ О СИСТЕМАХ

•

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

•

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

•

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ



USSR STATE PLANNING COMMITTEE
USSR ACADEMY OF SCIENCES
Institute for Systems Studies

SYSTEMS RESEARCH

Methodological Problems

Yearbook
1985

PUBLISHING NOUSE «NAUKA»
MOSCOW 1986

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЛАНОВЫЙ КОМИТЕТ СССР

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт
системных исследований

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологические проблемы

Ежегодник
1985

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1986

В семнадцатом выпуске ежегодника «Системные исследования. Методологические проблемы» рассматриваются теоретико-методологические вопросы системного подхода, в частности, актуальные проблемы социально-экономического развития СССР, социологические аспекты системного подхода, а также принципы формализации системных исследований. Обсуждаются различные прикладные проблемы, связанные с системным подходом в экологии и демографии, при изучении организационно-технических комплексов в исследовании науки и научного познания.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Д. М. ГВИШИАНИ (главный редактор)

В. Н. САДОВСКИЙ (зам. главного редактора)

В. Л. АРЛАЗАРОВ, Б. В. БИРЮКОВ, И. В. БЛАУБЕРГ,

В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, В. П. ЗИНЧЕНКО, О. А. КОССОВ,

Н. И. ЛАПИН, О. И. ЛАРИЧЕВ, В. А. ЛЕКТОРСКИЙ,

А. А. МАЛИНОВСКИЙ, Э. С. МАРКАРЯН, Б. З. МИЛЬНЕР,

Э. М. МИРСКИЙ, Э. Л. НАШПЕЛЬБАУМ, И. Б. НОВИК, Д. А. ПОСПЕЛОВ,

А. И. УЕЛОВ, К. М. ХАЙЛОВ, Б. Г. ЮДИН

Рецензенты:

А. А. ИВИН, Н. Е. ЕМЕЛЬЯНОВ, О. С. ПЧЕЛИНЦЕВ

Системные исследования. Методологические проблемы

Ежегодник 1985

Утверждено к печати

Всесоюзным научно-исследовательским институтом
системных исследований Государственного планового комитета СССР
и Академии наук СССР

Редактор **П. И. Быстров**. Редактор издательства **В. В. Рукман**

Художник **В. Н. Тикун**. Художественный редактор **С. А. Литвак**

Технический редактор **М. Л. Анучина**. Корректор **Н. И. Казарина**

ИБ № 29848

Сдано в набор 16.08.85. Подписано к печати 07.01.86 Т-05803 Формат 84×108^{1/32}

Бумага книжно-журнальная. Импортная. Гарнитура обыкновенная.

Печать высокая Усл. печ. л. 18,90 Усл. кр. от. 18,9. Уч.-изд. л. 21,4.

Тираж 5 000 экз. Тип. зак. 1833. Цена 2 р. 50 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»,

117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Очередной, семнадцатый выпуск ежегодника, продолжая общую линию данного издания на публикацию работ по методологии системных исследований, в большей степени по сравнению с предыдущими выпусками отражает ориентацию на тесную связь методологических исследований с теоретическими и прикладными результатами использования системного подхода при решении социально-экономических проблем. Эта нарастающая с каждым годом тенденция к сближению методологии с системной теорией и практикой, к росту системно-теоретических и прикладных работ по системной тематике представляет собой естественный и закономерный результат постоянного повышения эффективности системных идей и методов для исследования конкретных систем.

В первом, методологическом разделе, по традиции открывающем очередной выпуск ежегодника, отражены социальные и социально-экономические аспекты системных исследований. В частности, здесь рассмотрены основные системно-методологические проблемы, возникающие при анализе проблем интенсификации и оценки эффективности социалистической экономики, научно-технического прогнозирования, формирования организационных структур управления народным хозяйством, эффективных путей внедрения нововведений и т. д. Специальное внимание в статьях этого раздела уделено развитию того направления системных исследований, которое связано с социологической интерпретацией ряда категорий системного исследования, а также необходимостью учета «человеческого фактора» при решении проблем целеполагания и оптимизационных задач.

Во втором разделе ежегодника содержатся в основном работы по формальному представлению научного знания с использованием достаточно развитых математических методов анализа слабоструктуризованных проблем.

В статьях третьего раздела рассматриваются глобальные проблемы построения «разумных» отношений человека и природы. Вряд ли следует подчеркивать практическую важность подобных исследований в настоящее время, когда задачи рационального природопользования, охраны окружаю-

щей среды все в большей степени выходят на первый план при решении народнохозяйственных проблем.

В четвертом разделе ежегодника нашла отражение не менее важная практическая проблема отношений человека и технологий. Эти отношения освещаются в разделе с разных точек зрения — от теоретико-методологической до прикладной, нашедшей отражение, в частности, при решении задачи управления системой научно-технических разработок.

Наконец, в пятом разделе выпуска отражена представленная во многих выпусках ежегодника проблематика системного анализа науки и научного познания. Здесь рассмотрен широкий круг системных идей в изучении различных аспектов науки и научного познания — от анализа их структуры и до исследования их исторического развития.

Редколлегия ежегодника выражает надежду, что его очередной выпуск отражает все более широкое распространение системных идей в самых различных областях человеческой деятельности и позволит удовлетворить достаточно разносторонние запросы читателей данного издания.

Научно-организационная и техническая работа по подготовке данного выпуска ежегодника выполнена сотрудниками ВНИИСИ: А. И. Яблонским, Э. М. Мирским, И. А. Пашенко, Ю. Г. Климовой, Т. В. Никоновой, О. В. Хмелевской.

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СССР

Д. М. ГВИШИАНИ

В процессе всестороннего и планомерного совершенствования социалистического общества происходят существенные прогрессивные перемены во всех сферах его жизнедеятельности — экономической, политической, социальной, идеологической, культурной, научно-технической. Углубление взаимосвязи этих сфер, растущая сложность процессов социально-экономического развития определяют задачи качественного совершенствования научных основ его исследования и управления.

Принципиальную основу для постановки и конкретизации этих задач дает Проект новой редакции Программы Коммунистической партии Советского Союза, решения Пленумов ЦК КПСС 1985 г. и материалы Совещания в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса (11 — 12 июня 1985 г.).

Выдвинутые стратегические установки, формы и средства осуществления намеченных *социально-экономических преобразований являются комплексными, системными по самой своей природе* и требуют концентрации усилий всех звеньев народного хозяйства, объединения действий специалистов самого различного профиля для системного исследования и решения возникающих проблем.

Актуальность системных исследований особенно велика в настоящее время, когда планово-хозяйственные органы при широком участии ученых и специалистов разработали и представили на всенародное обсуждение проект «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года». Развертывается новый цикл исследований по созданию Комплексной программы научно-технического прогресса на 1991—2010 гг.

Одно из центральных мест в этой работе занимают задачи *совершенствования управления социально-экономическим развитием*. Наша страна приступила к реализации программы всестороннего совершенствования системы управления народным хозяйством. Важнейшим направлением такого совершенствования является усиление инициативы, хозяйственной самостоятельности и экономической ответственности всех звеньев системы управления — от предприятий и производственных объединений до отраслей и регионов, обеспечение на этой основе более полного использования накопленного народнохозяйственного потенциала и ускоренного продвижения всей нашей экономики по пути интенсификации. Главным итогом этих мероприятий должно стать создание условий для значительного ускорения научно-технического прогресса, перевода всех отраслей народного хозяйства на рельсы современной техники и технологии — одним словом, для развития материально-технической базы, производительных сил нашего общества.

Важнейшие задачи совершенствования управления народным хозяйством четко сформулированы в проекте «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года»: «Осуществлять дальнейшее совершенствование управления народным хозяйством. Комплексно развивать систему управления и хозяйствования, призванную обеспечить органическое единство и эффективное взаимодействие планирования, экономических рычагов и стимулов, организационных структур управления. Нацелить эту систему на решительный переход к использованию интенсивных факторов развития производства, ускорение научно-технического прогресса, наиболее полное удовлетворение общественных потребностей».¹

Советские ученые накопили значительный опыт комплексного решения научно-технических и социально-экономических проблем на базе системного подхода и системного анализа. Проведен широкий круг конкретных прикладных разработок, получены важные обобщения теоретического и методологического характера, развиты новые методические средства и приемы системного анализа, экономико-математического моделирования, информационного обеспечения процессов управления. В стране создана широкая сеть научно-исследовательских организаций, развивающих теоретиче-

¹ Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года. Проект. М.: Изд-во Правда, 1985, с. 86.

ские аспекты системных исследований, решающих конкретные народнохозяйственные задачи в тесном сотрудничестве с планово-хозяйственными органами.

Свой вклад в эту большую и крайне важную работу призван внести и Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований (ВНИИСИ) Государственного планового комитета и Академии наук СССР. Институт видит одну из главных своих задач в разработке теоретических основ и методологии решения сложных крупномасштабных научно-технических и социально-экономических проблем народнохозяйственного развития. В этой сфере специалистами института получены определенные результаты. Охарактеризуем некоторые из них, прежде всего те, которые представляются наиболее важными на современном этапе социалистического строительства.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Анализ проблем *интенсификации общественного производства и эффективности проведения хозяйственных мероприятий* требует всестороннего рассмотрения экономических, социальных, экологических последствий их реализации, применения специальных критериев оценки социально-экономической эффективности [22].

Проведенные к настоящему времени во ВНИИСИ в данном направлении теоретические и методологические исследования, базирующиеся на системном подходе, приводят к выводам о том, что эти критерии должны строиться с учетом ряда требований и ограничений, которым далеко не всегда удовлетворяют многие критерии, широко применяемые в современной хозяйственной практике.

Типичным примером является оценка эффективности развития транспорта, связи и других отраслей *производственной инфраструктуры*. Эти отрасли не создают новой материально-вещественной продукции. Их спецификой является то, что экономический эффект от капитальных вложений в развитие этих отраслей проявляется не только (а часто и не столько) в собственных технико-экономических отраслевых показателях, сколько в результатах деятельности обслуживаемых сфер народного хозяйства. Так, в отрасли «связь» этот внеотраслевой эффект составляет более 90%. Важно и то, что наряду с экономическим получается и значительный социальный результат. Поэтому правильные

результаты можно получить только при системной оценке эффективности развития производственной инфраструктуры, т. е. учитывая не только внутри-, но и внеинфраструктурные эффекты, не только экономические, но и социальные результаты [2].

Народнохозяйственный эффект любых результатов, получаемых на выходе тех или иных подсистем экономической системы, в том числе, например, продукции, выпускаемой отдельными предприятиями или отраслями, практически никогда полностью не отражается и принципиально не может отразиться в обычных экономических показателях этих систем, например в прибыли производственных предприятий. Практически всегда потребители продукции, приобретающие ее на основе нормальных экономических отношений, получают тот или иной экономический оцениваемый полезный эффект сверх затрат на приобретение, который не оказывает влияния на финансовые показатели производящих эту продукцию предприятий. Этот дополнительный эффект от проведения хозяйственных мероприятий может быть выявлен только при системной оценке их влияния на конечные результаты деятельности народного хозяйства. В связи с этим возникают важные проблемы формирования методологии проведения такой оценки, распределения получаемого полного народнохозяйственного эффекта на «эффект производителя», «эффект потребителя» и т. д., совершенствования действующего хозяйственного механизма, ценообразования [3].

Весьма важен системный подход при анализе проблем интенсификации и оценки эффективности сложных многоуровневых социально-экономических структур. Здесь приходится особенно тщательно анализировать системные последствия проводимых мероприятий. Нетрудно показать, что в ряде случаев при стремлении к интенсификации производства повышение его рентабельности, фондоотдачи на уровне отдельных предприятий может привести не к повышению, а к снижению этих характеристик на более высоком уровне иерархии (объединении, отрасли). Такое «парадоксальное» поведение экономических характеристик может иметь место, если в системе происходят неблагоприятные структурные сдвиги — увеличивается удельный вес подсистем, имеющих (хотя и растущую), но относительно меньшую фондоотдачу или рентабельность. Очень важно при оценке эффективности также правильно учесть возникающие эффекты синергетического характера, включающие в себя в качестве составляющих эмерджентные (определяемые

целостностью системы) и агломерационные (связанные с присоединением, накоплением и концентрацией элементов) эффекты. С этими явлениями особенно надо считаться при решении проблем рациональной специализации производства, территориального разделения общественного труда, определения пропорций развития отраслей материального производства и непроизводственной сферы, базисных отраслей и инфраструктуры.

Внедрение в народное хозяйство достижений научно-технического прогресса (НТП) — важнейшего фактора интенсификации и повышения эффективности производства — также требует тщательного системного анализа основных направлений НТП (осуществление прогрессивных структурных сдвигов, внедрение новой техники и технологии, новых материалов, методов организации и управления). Необходимо добиваться оптимального распределения всех видов ресурсов на каждое направление, полной и вместе с тем исключающей повторный счет оценки связанных с направлениями (и конкретными мероприятиями) народнохозяйственных затрат и результатов [9]. Для этого требуется учитывать такие цепи, как наука—производство—использование; экономика—общество—охрана окружающей среды; долгосрочный—среднесрочный—текущий прогноз и т. п. Соответствующие исследования, проведенные во ВНИИСИ в рамках работ по Комплексной программе НТП на 1986—2005 годы, позволили сформулировать принципы и разработать методы учета важнейших факторов (как экономических, так и социальных) при оценке эффективности мероприятий, проводимой в различных сферах народного хозяйства и на разных уровнях его иерархии.

Хотя общие принципы оценки эффективности и выбора мероприятий по интенсификации производства на разных уровнях иерархии в главных своих чертах совпадают (необходим системный и комплексный подход к оценке затрат и результатов, оценка их с народнохозяйственных, а не с локальных позиций и т. п.), следует отметить, что имеют место также и различия в проведении таких оценок. Если, как это обычно делается, разделить все мероприятия на «малые», «крупномасштабные» и «глобальные», то в этом случае при оценке социально-экономической эффективности характерен переход от скалярных критериев оптимизации к векторным, от экономической оценки многих важных внеэкономических факторов (социальных, экологических и др.) и ресурсов народнохозяйственного значения к использованию социальных стандартов и ограничений на объемы используемых ресурсов.

Для мероприятий всех уровней успешно могут применяться различные формализованные и неформализованные методы оценки эффективности. Вместе с тем при системном подходе к проблеме оценки эффективности четко прослеживается следующая тенденция — по мере повышения ранга рассматриваемого мероприятия увеличивается значимость использования при оценке эффективности неформализованных экспертных процедур, интерактивного режима.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

В условиях научно-технической революции, когда внедрение достижений научно-технического прогресса в народное хозяйство становится важнейшим, определяющим и устойчивым фактором экономического роста и роста народного благосостояния, возрастает значимость *научно-технического прогнозирования* — долгосрочного предвидения тенденций развития науки и техники, а также создания условий для целенаправленного воздействия, управления процессом создания и реализации нововведений.

Посредством сочетания различных видов планирования — долгосрочного, пятилетнего и годового — в народном хозяйстве реализуются задачи *единой научно-технической политики*, которая должна обеспечить согласование всех направлений развития науки и техники, поддержание необходимой пропорциональности между отдельными направлениями научно-технического прогресса, возможности роста ресурсного и научно-технического потенциала.

Научно-технические прогнозы составляют как в виде частных прогнозов, т. е. прогнозов по отдельным направлениям развития науки и техники, так и в виде комплексных межотраслевых прогнозов, в которых аккмулируются ключевые, стратегические для народного хозяйства в целом направления НТП, устанавливается приоритетность их реализации, осуществляется взаимоувязка частных прогнозов, разрабатываются альтернативные варианты научно-технического развития страны и т. д.

На основе системного подхода к планированию развития науки и техники в настоящее время осуществляется разработка Комплексной программы научно-технического прогресса на долгосрочную, 20-летнюю перспективу. Комплексная программа является важнейшим предплановым документом, содержащим прогноз вариантов социально-экономического и научно-технического развития страны в перспек-

тивном периоде, обоснование в нем единой технической политики, характеристику важнейших направлений НТП в отраслях и сферах народного хозяйства, сроки, масштабы и эффективность внедрения нововведений.

Комплексная программа НТП является по своему статусу *общегосударственной программой, составной частью единой системы народнохозяйственного планирования*, дающей импульс к определению приоритетных направлений развития науки и техники в рамках 10-летнего, 5-летнего и годового планирования [5, 8].

Прогнозирование развития народного хозяйства в рамках Комплексной программы НТП носит системный характер. Оно охватывает все аспекты и уровни развития народного хозяйства, взаимосвязано с социальным, демографическим, научно-техническим прогнозированием, с прогнозированием природопользования, развития международных отношений.

Реализация системного подхода к научно-техническому прогнозированию предполагает решение следующих методологических проблем:

— обеспечение *методического единства* составления частных и укрупненных научно-технических прогнозов;

— достаточно полное обоснование намечаемых в прогнозе мероприятий и рекомендаций и *анализ* социально-экономических, экологических и др. последствий их реализации;

— *сравнение эффективности вариантов научно-технического прогресса*, получение (наряду с другими видами оценки) экономической оценки вариантов для обоснования предлагаемых альтернатив;

— *согласование научно-технических и социально-экономических аспектов прогнозирования*; разработку системы показателей и методов, позволяющих переходить от характеристик развития техники (параметров орудий труда, технологических процессов, свойств материалов и т. п.) сначала к присущим данной отрасли технико-экономическим, а затем и к социально-экономическим показателям;

— *выделение и обоснование отдельных вариантов научно-технического и социально-экономического развития и их согласование* во времени на разных уровнях агрегирования;

— обеспечение «незамкнутости» прогноза, т. е. сохранение возможности последующей, более детальной проработки отдельных проблем в форме целевых научно-технических программ.

Методический арсенал научно-технического прогнозирования достаточно широк. Разработаны и успешно применя-

ются десятки методов экстраполяции, экспертных оценок, моделирования.

Выбор того или иного метода или системы методов определяется целями составления прогноза, длительностью прогнозного периода, сложностью объекта прогнозирования, а также общей стратегией прогнозирования — ориентацией на генетический (основанный на экстраполяции) или нормативный (целевой) подход.

Применение методов экстраполяции является классическим примером реализации *генетического подхода в прогнозировании*. Эти методы используются при составлении частных научно-технических прогнозов, относящихся к традиционным технологиям и видам техники.

В качестве примера реализации *нормативного подхода в научно-техническом прогнозировании* может служить разработанный во ВНИИСИ оптимизационный подход к оцениванию эффективности научно-технического прогресса, использовавшийся при разработке Комплексной программы НТП до 2005 г. В его основу был положен единый принцип оценки нововведений по их вкладу в конечный народнохозяйственный результат.

Все расчеты по оцениванию эффективности новых технологий в рамках оптимизационного подхода проводились на основе созданной во ВНИИСИ 18-отраслевой динамической межотраслевой модели народного хозяйства. В расчетах принимался комбинированный способ формирования целевых установок (в виде критерия и целевых ограничений) в нескольких вариантах.

Приведем только один пример варианта критерия и целевых ограничений: задавался закон изменения во времени отраслевой структуры непроизводственного потребления, годовые объемы потребления ограничивались снизу фиксированной долей от текущего валового выпуска или заданной функцией времени, а объем непроизводственного потребления за весь плановый период максимизировался.

Основная серия расчетов была связана с определением и использованием так называемых *коэффициентов влияния удельных технико-экономических параметров* отраслей на народнохозяйственный критерий. Смысл этих расчетов заключается в следующем.

Новые технологии отличаются от старых, как правило, своими удельными характеристиками: удельными сырьевыми затратами, удельными фондообразующими затратами и т. д. Эту ситуацию можно упрощенно представить в модели следующим образом. Можно считать, что появление новых

технологий не меняет конфигурации модели, а приводит только к изменению ее параметров. Тогда появление новых технологий будет иметь следствием изменение величины оптимизируемого критерия. Коэффициенты влияния характеризуют меру чувствительности максимальной величины критерия задачи к изменениям ее исходных данных.

Выявив коэффициенты влияния, можно ранжировать параметры модели: те параметры, которым соответствуют большие коэффициенты влияния, поставить в начало ряда, те параметры, которым соответствуют малые коэффициенты, — в конец ряда. Такая ранжировка дает первоначальную оценку множества потенциальных нововведений. Преимущество должно отдаваться изучению и испытанию таких нововведений, которые изменяют параметры, открывающие ряд; в последнюю очередь внимание следует уделять тем нововведениям, которые влияют на параметры, стоящие в конце ряда.

Проведенные во ВНИИСИ исследования показали также, что для достижения достаточно высокого уровня потенциального эффекта нельзя ограничиться воздействием на отдельные, наиболее влиятельные технико-экономические показатели; необходимо воздействие на многие десятки показателей. Иными словами, ситуация, по-видимому, не такова, что в техническом уровне материального производства есть небольшое число узких мест, сдерживающих развитие. Скорее развитие экономики сдерживается более или менее равномерно довольно большим числом факторов, и это можно объяснить взаимной зависимостью экономических процессов и их согласованностью. Одновременно можно сделать вывод о малозначительности примерно половины показателей.

На основании коэффициентов влияния можно также высказать суждение об *эффективности конкретных потенциальных нововведений*. Для этого нужно оценить возможные диапазоны изменения базовых параметров, порождаемые этими новшествами. Эти диапазоны зависят от масштабов использования нововведения, которые в рамках данного упрощенного подхода не вычисляются, а должны задаваться априорно. Поэтому на достаточно точное значение приращения базовых параметров рассчитывать не приходится, возможно лишь знание диапазонов изменения этих приращений. Однако в отдельных случаях удалось получить признак полезности-неполезности нововведений, не требующий знаний масштабов их использования.

В ходе разработки Комплексной программы НТП во ВНИИСИ с помощью коэффициентов влияния было оценено

около двухсот важнейших научно-технических мероприятий. Одним из важнейших практических выводов Комплексной программы научно-технического прогресса СССР до 2005 г. явилось создание во ВНИИСИ в рамках Комплексной программы так называемого Инновационного фонда СССР. Инновационный фонд содержит несколько сотен кратких описаний (типа анкет) отобранных перспективных научно-технических нововведений. Все описания нововведений составлены по единой схеме. В ней отражены: стадия готовности новшества, его характер и направленность, сопоставление с отечественными и зарубежными аналогами, потребное новое или импортное оборудование, необходимые смежные новшества, вызванные новшеством положительные или отрицательные воздействия на окружающую среду, возможность международной кооперации в разработке новшества, организационные предпосылки введения новшества и ожидаемые социально-демографические последствия, оценка народнохозяйственного эффекта от внедрения новшества, составители и рецензенты описания с их координатами.

Наличие унифицированных описаний открывает возможность использования ЭВМ для обработки информации о важнейших научно-технических нововведениях. В дальнейшем предполагается создание автоматизированной базы данных «Инновационный фонд СССР».

СИСТЕМО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ФОРМИРОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

Одним из базовых направлений прикладных системных исследований, осуществляемых во ВНИИСИ, является разработка направлений совершенствования организационных форм и методов управления народным хозяйством. ВНИИСИ является ведущим институтом в стране, где планомерно ведется полный комплекс исследований по организации управления во всех сферах, звеньях и уровнях народного хозяйства [14, 15, 20].

Системность подхода к организации управления позволяет не упустить из виду ни одной из управленческих задач, без решения которых реализация целей окажется неполной, выявить и взаимоувязать применительно к этим задачам всю систему функций, прав и ответственности по иерархическим уровням управления; исследовать и организационно оформить все связи и отношения между участниками управлен-

ческих отношений, т. е. наладить координацию деятельности разных звеньев и органов в связи с выполнением общих задач; обеспечить органическое сочетание вертикали и горизонтали управления, имея в виду нахождение оптимального для данных условий соотношения централизации и децентрализации в управлении; увязать организационные формы с методами принятия решений, системой стимулирования, технологией информационного обеспечения, кадровой политикой.

Операционализация системного подхода к организационным системам позволила разработать теоретико-методологические основы и эффективные методы анализа и проектирования организационных структур и механизмов управления производственно-хозяйственными системами разных типов. Разработанный теоретико-методический подход получил в литературе название *системно-целевого* [20]. Он имеет не только теоретическое, но и практическое значение, поскольку непосредственно используется для выработки рекомендаций по комплексному совершенствованию системы управления народным хозяйством, а также для разработки и выбора конкретных организационных решений.

Применение разработанных научно-методических рекомендаций дает возможность обеспечить *максимальное соответствие структуры управления требованиям и условиям производства*, использовать многообразные организационные формы, учитывать наиболее прогрессивный опыт совершенствования систем управления, соединить процесс проектирования структуры с ее освоением. Вместе с тем создаются реальные условия для того, чтобы индивидуализировать процесс формирования структуры применительно к особенностям конкретного объекта управления, опираясь в то же время на развитый нормативный аппарат и типовые организационные решения, отражающие прогрессивные тенденции в развитии систем управления.

Исходным положением методики является *представление организационной структуры как сложной количественно-качественной характеристики системы управления*, отражающей порядок как экономических, информационных, административно-организационных, так и социально-психологических отношений и связей в процессе руководства и использования. Формирование аппарата управления при этом рассматривается как комплексный процесс, включающий основанное на научных методах и принципах построение организационной структуры в сочетании с рациональным подбором и расстановкой кадров, обучением их искусству

активно пользоваться представляемым организационным механизмом, совершенствованием системы мотивации работников, развитием неформальных отношений.

Разработанный методический подход к формированию аппарата управления может быть охарактеризован следующими наиболее существенными чертами и элементами:

— комплексным рассмотрением производственно-хозяйственной организации, в свете которого структура управления каждым объектом (например, производственным объединением) строится в тесной увязке со структурами вышестоящих звеньев (министерств) и отношениями с другими организациями, а подразделения и службы аппарата управления так же, как их функции, проектируются как части единого комплекса с учетом их взаимосвязей;

— целевой ориентацией процессов и органов управления, в соответствии с которой исходным моментом проектирования является четкое представление требуемых конечных результатов, а затем определение задач и работ по их достижению (а не попытки наилучшим образом распределить заранее заданные функции управления между стандартным набором подразделений, как это делалось в большинстве случаев ранее);

— вариативностью применяемых организационных форм, обеспечиваемой строгим соответствием типа структуры классу организации и характеру решаемых ею задач при достаточно свободном выборе конкретных организационных решений и их комбинаций, максимально отражающих индивидуальные особенности объекта управления;

— комплексным анализом и проектированием состава органов управления, их отношений и связей, последовательности функций и процедур принятия и реализации управленческих решений, распределения их между уровнями и звеньями аппарата;

— многостадийностью процесса проектирования, обеспечивающей последовательное приближение разрабатываемых организационных решений к задачам и условиям конкретной системы управления при строгом соблюдении исходных принципов и целевой ориентации.

С целью отработки и дальнейшего совершенствования разработанных методических рекомендаций во ВНИИСИ выполнен целый ряд прикладных разработок по проектированию систем управления производственно-хозяйственных организаций разных типов, целевых комплексных программ, рекомендаций по развитию отраслевых и территориальных систем управления. Эти рекомендации были применены для

разработки систем управления Херсонским комбайновым заводом имени Г. И. Петровского, производственным объединением «Ростсельмаш», Главмоспромстроем при Мосгорисполкоме, ПО «Минусинский электротехнический промышленный комплекс», Канско-Ачинским топливно-энергетическим комплексом, Кольским горно-обогатительным комплексом, Западно-Сибирским нефтегазовым комплексом и др.

Системная методология была применена и при анализе отраслевых, территориальных, функциональных систем управления народным хозяйством, межотраслевых народно-хозяйственных комплексов, крупномасштабных целевых программ. На этой основе были разработаны предложения по развитию в 11-й и 12-й пятилетках машиностроительного агропромышленного, транспортного, топливно-энергетического, инвестиционно-строительного комплексов, по совершенствованию отраслевого и территориального управления, по организационным мерам ускорения научно-технического прогресса, улучшения распределения ресурсов и материально-технического снабжения, упорядочения внешнеэкономических связей, развития кадрового потенциала. На основе проведенных исследований во ВНИИСИ разработана общая концепция организационного развития.

В настоящее время в институте поставлена и решается теоретико-методологическая проблема формального описания и анализа комплексных отношений управления с целью создания эффективных методов совершенствования организационно-экономических механизмов функционирования производственных систем. Результаты исследований позволили разработать общую концепцию развития механизма предприятий и объединений, которая используется при определении перспективных направлений совершенствования управления народным хозяйством.

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЛОБАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Одной из важных особенностей современного этапа развития человеческого общества является существенное повышение роли СССР и стран социалистического содружества в решении глобальных проблем человечества, таких, как сырьевая и энергетическая, ликвидация наиболее опасных и распространенных заболеваний и охрана окружающей среды, мирное освоение космоса и использование ресурсов Мирового океана. Важнейшей современной глобальной

проблемой является сохранение мира и предотвращение ядерной катастрофы. Решение всех этих проблем должно, в частности, опираться на проведение системных междисциплинарных исследований [1, 10]. На этой основе может быть усовершенствована и методология планирования социально-экономического и научно-технического развития СССР.

Обсуждение глобальной проблематики интенсивно проводится уже в течение ряда лет, что вполне соответствует фундаментальности и актуальности самих проблем, все новые и новые грани которых высвечиваются в ходе обсуждения [4]. В данной статье, однако, хотелось бы остановить внимание не на самом этом обсуждении, а скорее на тех результатах, которые дало систематическое исследование процессов глобального развития сотрудниками ВНИИСИ. Эти исследования — и это очень важно — обнаружили недостаточность традиционных прогностических методов и методик и потребовали *развития особого исследовательского инструментария*.

В результате в глобальном моделировании традиционный экономико-статистический анализ временных рядов заменился *сценарными методами* с использованием в них понятий, заимствованных в математическом моделировании, само моделирование развивалось от простых концептуальных моделей к системам моделей и человеко-машинным системам моделирования процессов глобального развития одновременно со стремлением к специализации и углубленному анализу отдельных элементов глобального объекта в целом.

Исследования по системному моделированию и анализу процессов глобального развития, выполненные во ВНИИСИ, ориентированы на развитие *человеко-машинного подхода*, в котором концептуально-теоретические и сценарные разработки соединяются с формальными методами, а также с возможностями ЭВМ по переработке больших объемов информации. Разработка научных основ для долгосрочного прогнозирования и планирования процессов развития с учетом вышеперечисленных проблем сопровождается созданием инструментария, направленного на исследование альтернативных вариантов развития мира, его регионов и отдельных стран и используемого в процессе выработки стратегий и подготовки решений плановых и управленческих органов. Целью исследований является разработка комплексных представлений об альтернативных вариантах долгосрочного взаимосвязанного развития стран и регионов мира и выработка рекомендаций по выбору оптимальных управляющих стратегий для будущего развития в таких областях, как рас-

пределение ресурсов по отраслям народного хозяйства, использование природных ресурсов, охрана среды, научно-техническая политика, социальные программы, специализация и кооперация во внешнеэкономических связях [6, 7].

В процессе реализации такого подхода во ВНИИСИ были построены системы глобальных моделей для СССР, КНР, Японии, США и 9-региональная система моделей мира, в которой выделены СССР, КНР, страны СЭВ без СССР, США, Япония, страны ЕЭС, прочие развитые капиталистические страны, страны ОПЕК, развивающиеся страны. В 9-региональной системе моделей мира каждый регион описан моделями роста населения, экономического роста, структуры экономики, производства продовольствия и топливно-энергетического комплекса. Внешняя торговля регионов описана моделью мирового рынка и моделью межрегиональных внешнеторговых потоков. Система объединяет 47 моделей, насчитывает 7400 уравнений, в которых вычисляется 5000 переменных (идентификаторов). Если учесть размерности массивов, соответствующих идентификаторам, то текущее состояние процесса описывается более чем 25 000 чисел. Система позволяет проигрывать сценарии, связанные со структурами распределения региональных продуктов, структурными экономическими сдвигами, внешнеторговой политикой регионов, инновациями в сельском хозяйстве, демографической стратегией и другими управляющими воздействиями.

В 1979—1983 гг. система моделирования, разработанная во ВНИИСИ, использовалась для анализа долгосрочного развития народного хозяйства СССР, для подготовки предложений в Продовольственную программу, для подготовки материалов Комплексной программы научно-технического прогресса СССР на 1986—2005 гг., для анализа новой мировой ситуации в энергоснабжении (совместно с ВНИИКТЭП Госплана СССР), для анализа социально-экономического и природно-ресурсного развития отдельных стран мира (совместно с рядом институтов АН СССР). За это время накоплен опыт работы с экспертами по исследуемым проблемам, который показал работоспособность и эффективность разработанного инструментария. Одновременно выяснен круг вопросов, по которым происходила наиболее частая коррекция первоначальных представлений экспертов, и круг направлений дальнейшего совершенствования и развития системы моделирования.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОРАЗВИТИЯ

В нынешней ситуации представление о тесной взаимосвязи социально-экономического развития и природной среды получает все большее распространение в широких массах общественности и в кругах лиц, которые ответственны за принятие решений. Для многих теперь очевидно, что нельзя осуществить эффективное развитие, игнорируя потери качества окружающей среды. Стремительный рост воздействий общества на природную среду ставит его перед необходимостью отказа от чисто потребительского отношения к природе, перехода к основанному на глубоких научных знаниях *управлению развитием единой системы «природа—общество»*.

Цели и задачи, которые ставит перед собой наука, обусловлены необходимостью изучения таких аспектов природно-общественных отношений, которые в наибольшей степени значимы для реализации общественного развития. Представляется, что эти цели и задачи будут неизменными достаточно долго. Осознание того факта, что управление развитием не сводимо к управлению потреблением ресурсов, а имеет своей целью создание социально-экономических и природных условий жизни человека, при которых в максимально возможной степени обеспечивалось бы прогрессивное развитие человеческого общества, ставит науку перед решением проблемы оптимального соответствия природной среды потребностям общественного развития. Эти потребности могут рассматриваться в качестве цели управления процессами развития природы и общества — экоразвития.

Материальное производство человечества превратилось в гигантский искусственно построенный механизм круговорота вещества и энергии биосферы. И естественно, что функционирование этого механизма не может не сказаться на состоянии всей биосферы. Его функционирование, направляемое волей человека, в наши дни во многом определяет направления эволюции жизни на Земле.

Изменения структуры общества и экономики, а также изменения состояния природной среды в процессах развития являются причиной эволюции ценностных категорий и, следовательно, критериев оптимальности. В связи с этим методологическое обоснование критериев оптимальности развития — одна из основных задач науки в решении проблемы экоразвития.

В наши дни наблюдается существенное расширение понятия «экология». Все чаще говорится о становлении экологии

как особого междисциплинарного подхода, целью которого является выявление и исследование связей между изучаемым той или иной естественной или социально-экономической научной дисциплиной объектом и его окружением.

Особенности функционирования природы и общества позволяют на начальном этапе исследования рассматривать их как автономные подсистемы. Природная среда характеризуется органическим сочетанием, комплексностью протекающих в ней процессов. В ходе исследований отдельных таких процессов зародились и развиваются частные направления современной науки, внесшие существенный вклад в развитие общества. Однако сейчас достаточно очевидно, что частных концепций отдельных научных направлений явно недостаточно для успешного развития исследований механизмов, определяющих динамику природной среды в целом. Чувствуется настоятельная необходимость в общей концепции биосферы, являющейся системой концепций, развиваемых частными направлениями науки. Представляется, что системный подход может служить методологической основой в решении этой задачи.

Уникальность и высокая структурно-функциональная сложность объектов природной среды, по существу, исключает возможность их полного экспериментального исследования. В связи с этим особенно перспективным путем в исследованиях процессов взаимодействия природы и общества представляется направление, использующее в качестве инструмента исследований модели изучаемых объектов.

Основополагающим принципом моделирования является *принцип структурно-функционального соответствия* модели исследуемому объекту. Реально существующему объекту можно поставить в соответствие множество моделей, в зависимости от того, какие свойства или функции объекта интересуют исследователя. В каждом отдельно взятом случае, отправляясь от конкретной задачи исследования, мы осуществляем упорядочивание наших знаний о рассматриваемом объекте, осуществляем синтез совокупности разрозненных знаний в единый комплекс — систему. Решающую роль при построении такой системы играет цель исследования. Именно основываясь на цели исследования, мы отбираем из всей совокупности наших знаний об объекте те, которые имеют отношение к интересующей нас функции изучаемого объекта.

Цель исследований природной среды состоит в изучении законов ее развития, установлении изменений в окружающей среде в результате самых разнообразных воздействий.

Так как в последнее время динамика окружающей среды во многом определяется человеческой активностью, особенно важно установить, какие изменения в ней вызывают те или иные антропогенные воздействия.

Построение математических моделей природных систем сопряжено с большими трудностями. Различные сочетания биологических и абиотических факторов обуславливают многообразие возможностей развития экосистем. Это вызывает необходимость привлечения для описания их динамики качественно отличных понятий разных научных дисциплин, создания и использования методики, позволяющей объединить качественно различные представления в единую модель.

Использование понятия биогеоценоза — элементарной ячейки биосферы, — определяющего взаимообусловленный комплекс живых и абиотических систем, связанных между собой обменом веществ и энергией, позволяет привлекать аппарат формальных математических методов моделирования для создания унифицированных моделей крупных биогеоценозов с дальнейшим использованием этих моделей в исследовании процессов взаимодействия природных систем с социально-экономической системой общества.

Состояние биогеоценоза описывается набором большого количества переменных, что создает определенные трудности в содержательной интерпретации результатов моделирования даже для специалистов. Еще труднее их использовать лицам, принимающим решения. В связи с этим возникает настоятельная необходимость в осуществлении представления результатов в виде интегративных показателей состояния средообразующих факторов.

Принципиальная изменчивость целей развития — причина эволюции критериев оптимальности. Управление же развитием реально существующего объекта — системы «природа—общество» — независимо от преходящих целей и критериев невозможно без знания его динамических свойств, без наличия аппарата, позволяющего исследовать его реакции на предполагаемые управляющие воздействия. В связи с этим формирование системы моделей, отражающей динамические свойства взаимодействия природы и общества, — вторая центральная задача в решении проблемы экоразвития.

Оптимизация взаимодействия природы и общества — задача глобального типа. Ее окончательное решение требует существенных шагов в развитии всей науки и, следовательно, связано с существенными затратами времени. Но уже сейчас ряд моментов проблемы требует оперативного решения. Анализ структуры взаимодействия природы и общест-

ва показывает, что на современном этапе развития науки имеется возможность практического решения задач «минимизации» негативных последствий осуществления планов развития. Представляется, что разрабатываемая во ВНИИСИ система моделирования динамики природной среды является перспективной для решения задач оценки и прогноза, а также задач экологической экспертизы альтернатив развития [11, 16, 17, 21].

Развитие методов экологического прогнозирования должно стать основой для создания методики экологической экспертизы проектов хозяйственного развития различных регионов нашей страны.

Системный подход к исследованиям сложной совокупности экологических процессов, рассматриваемых в качестве органической части единства природно-общественного развития, служит конструктивной методологической основой разработки теории и практики оптимального природопользования, управления развитием системы «природа — общество».

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИКЛАДНЫХ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

После двух-трех десятков лет интенсивного развития системных исследований в разных странах мира можно с полной уверенностью говорить, что вопрос о их актуальности решен положительно. Свою эффективность и полезность системные исследования убедительно доказали в самых различных областях науки, техники и практической деятельности, и в настоящее время важным является другой весьма непростой вопрос: как следует в дальнейшем *совершенствовать системные исследования с целью достижения их большей практической эффективности?*

Сфера прикладных системных исследований и разработок весьма многообразна, и перспективы ее развития во многом связаны с особенностями тех научно-технических областей, социально-экономических и природных объектов, к исследованию которых применяются методы системного подхода и системного анализа. Говорить о перспективах развития этой сферы в целом нелегко, и выскажем некоторые наши соображения применительно к развитию отдельных ее областей.

Чрезвычайно плодотворным является развитие системного подхода к анализу и синтезу функционирования социально-экономических систем.

Важнейшей сферой применения системного анализа яв-

ляется оценка социально-экономической эффективности хозяйственных мероприятий. Здесь уже получены конструктивные результаты по методам совместного учета экономических, социальных, экологических факторов, влияния динамики и неопределенности. Вместе с тем актуальным остается дальнейшее развитие на базе системного подхода методологии оценки социально-экономической эффективности долгосрочного развития общественного производства в целом и отдельных его подсистем, выбора наиболее эффективных направлений научно-технического прогресса, установления их приоритетов. Это будет большим вкладом в реализацию постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по ускорению научно-технического прогресса в народном хозяйстве» от 18 августа 1983 г.

Что касается системной методологии оценивания эффективности научно-технического прогресса, то здесь уже сейчас наметился ряд конструктивных подходов, обещающих значительные результаты в будущем. В основе этих подходов лежит идея формализованного оценивания эффективности научно-технических мероприятий по их вкладу в конечные народнохозяйственные результаты. Оценки эффективности нововведений получаются путем оптимизационных расчетов по динамическим межотраслевым моделям народного хозяйства. В этой области многое еще предстоит сделать. Будут совершенствоваться применяемые народнохозяйственные и отраслевые модели, а также методы их идентификации. Новые возможности открываются в связи с использованием идей децентрализации прогнозных расчетов. Намечается разработка специальных численных методов решения задач оценивания. Предстоит значительная работа по созданию информационной базы и автоматизированных средств ее обработки на основе современных систем управления базами данных.

Значительного прогресса следует ожидать в ближайшие годы и в области системного анализа организационных форм и методов управления. Здесь намечается осуществить формализованное описание и анализ отдельных структур систем управления с помощью современного математического аппарата и вычислительной техники. Будут разрабатываться новые методы оценки эффективности управления производственно-хозяйственными системами, которые позволят создать количественные критерии для обоснования и выбора проектов организационных систем. Намечается перейти к исследованию комплексных отношений управления, формальному описанию и анализу организационно-экономиче-

ских механизмов и универсальных структур систем управления. В ближайшие годы, по-видимому, следует создать методологическую базу для разработки научного аппарата формирования комплексной программы совершенствования хозяйственного механизма. В результате повысится уровень обоснованности разрабатываемых предложений по совершенствованию системы управления народным хозяйством.

В заключение следует назвать еще одну область системных исследований, от успешного развития которой во многом зависит прогресс системных исследований в целом. Речь идет об организации системного образования [1]. В настоящее время в более чем 100 университетах в различных странах мира ведется подготовка специалистов по системным исследованиям, но эта работа находится лишь на первой стадии своего развития, и даже понятие «системный специалист» часто понимается весьма различно. Настоятельно необходим системный подход к проблеме организации системного образования. Только на этой основе системные исследования смогут получить необходимые им квалифицированные кадры — залог дальнейшего повышения эффективности системных исследований и разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блауберг И. В., Мирский Э. М., Садовский В. Н. Системный подход и системный анализ. — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 47—65.
2. Васильева Е. М., Лившиц В. Н. Системный анализ основных направлений НТП в области производственной инфраструктуры. — В кн.: Актуальные проблемы развития производственной инфраструктуры стран — членов СЭВ. М.: СЭВ, 1982. 295 с.
3. Гвишиани Д. М. Научно-технический прогресс: новые подходы к управлению. — В кн.: Система управления экономикой развитого социализма: тенденции и проблемы. М.: Экономика, 1982, гл. 7, 303 с.
4. Гвишиани Д. М. Теоретико-методологические основания системных исследований и разработка проблем глобального развития. — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 7—26.
5. Гвишиани Д. М. Методологические проблемы Комплексной программы научно-технического прогресса СССР. — В кн.: Достижения и перспективы. Вып. 34. Управление и научно-технический прогресс, № 6. М.: МЦНТИ, 1983.
6. Геловани В. А. Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития. В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 155—174.
7. Дубовский С. В. Человеко-машинные исследования глобальных проблем. — В кн.: Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1982. 102 с.

8. *Иванов Ю. Н., Токарев В. В.* Формализованный подход к оцениванию новых технологий.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1984. М.: Наука, 1984, с. 245—272.
9. *Канторович Л. В., Чешенко Н. И., Зорин Ю. М., Шепелев Г. И.* Об использовании оптимизационных расчетов в АСУ отраслей народного хозяйства.— Экономика и мат. методы, 1978, т. 14, № 5, с. 821—834.
10. Комплексные проблемы и междисциплинарные исследования: (Научно-аналитический обзор литературы развитых капиталистических стран).— В кн.: Взаимосвязь наук и междисциплинарные исследования. Будапешт: МИСОН, 1982.
11. *Крутько В. Н., Пегов С. А., Хомяков Д. М., Хомяков П. М.* Модель динамики средообразующих факторов. М.: ВНИИСИ, 1982. 53 с. Препр.
12. *Лапин Н. И.* Проблемы системного исследования нововведений.— В кн.: Достижения и перспективы. Вып. 28. Управление и научно-технический прогресс. М.: МЦНТИ, № 5, 1982, с. 29—40.
13. *Ларичев О. И.* Методологические проблемы практического применения системного анализа.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980. с. 210—219.
14. *Левчук Д. Г., Мильнер Б. З., Павлюченко В. И., Рапопорт В. С., Рудашевский В. Д.* Научно-технический прогресс: программный подход. М.: Мысль, 1981. 238 с.
15. *Мильнер Б. З.* Организация программно-целевого управления. М.: Наука, 1980. 376 с.
16. *Пегов С. А., Ростопшин Ю. А.* Комплексная оценка состояния окружающей среды. М.: ВНИИСИ, 1981. 56 с. Препр.
17. *Пегов С. А., Ростопшин Ю. А.* Моделирование биологических систем в исследованиях процессов экоразвития. М.; ВНИИСИ. 1982. 72 с. Препр.
18. *Пригожин А. И.* Управленческие нововведения и хозяйственные эксперименты.— Коммунист, 1984, № 7, с. 57—67.
19. *Рапопорт В. С.* Межотраслевое управление крупномасштабными нововведениями.— В кн.: Достижения и перспективы. Вып. 28. Управление и научно-технический прогресс. М.: МЦНТИ, 1982, № 5, с. 15—24.
20. *Рапопорт В. С.* Развитие организационных форм управления научно-техническим прогрессом в промышленности. М.: Экономика, 1979. 231 с.
21. Сборник трудов ВНИИСИ: Моделирование процессов экологического развития. М., Вып. 2, 1981; Вып. 2, 1982; Вып. 7, 1983; Вып. 8, 1984.
22. *Шталин С. С.* Функционирование экономики развитого социализма: Теория, методы и проблемы. М.: Изд-во МГУ, 1982. 384 с.

СОЦИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОНЯТИЯ «ПРОБЛЕМА» В СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Э. М. КОРЖЕВА, Н. Ф. НАУМОВА, Б. В. САЗОНОВ

ПРОБЛЕМА И СТРУКТУРА СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт использования социологического знания в системных исследованиях (см., например: [2, 6, 7, 10, 12, 14]) дает нам некоторый материал для методологических размышлений. Они не только возможны, но и необходимы, поскольку содержание этого опыта не однозначно, а необходимость в развитии междисциплинарных аспектов системной методологии становится все более настоятельной.

Успех применения социологии к решению системных задач во многом зависит от того, насколько комплексно осуществляется само это применение, т. е. насколько многообразными оказываются формы и уровни используемого здесь социологического знания. Это тем более важно, что некоторые из этих уровней могут обнаруживать внутреннюю «слабость» в междисциплинарной ситуации. Известны, например, трудности, возникающие при включении в анализ социологических данных, которые часто оказываются несравнимыми, неполными, трудно интерпретируемыми и т. д. В то же время до сих пор недостаточное внимание уделяется некоторым перспективным формам применения социологического знания в системных задачах. Одна из таких форм — социологическая интерпретация понятий самого системного исследования.

Среди категорий системной методологии особое место занимает понятие «проблема». В нем находят выражение некоторые принципиальные характеристики системного исследования. Это, во-первых, проблемное его построение, т. е. направленность не столько на изучение объекта как такового, сколько на решение исследовательской «задачи»; во-вторых, ориентация на «осуществление некоторого целенаправленного взаимодействия с реальностью» [5], в частности на управленческие задачи, на решение практических проблем.

Конкретизация понятия проблемы через определение ее социального — научного и практического — содержания, дает возможность не только уточнить направление исследовательской деятельности, но и определенным образом организовать ее. Развернутая формулировка проблемы, реше-

нию которой служит данное исследование, обычно уже содержит в себе некоторые критерии для выбора параметров, с помощью которых описывается объект, предмет анализа. Если, например, изучаемая социальная проблема определяется как проблема свободного времени, которое: «является пространством для свободного развития личности», и в качестве объекта исследования берется бюджет времени, то дальнейшее структурирование его (на рабочее время, время домашнего труда или быта, «физиологическое время» и собственно досуг) во многом детерминировано самой постановкой проблемы [7]. В то же время описание социальной проблемы определяет и теоретико-методологическую структуру исследования, т. е. набор социальных, экономических и тому подобных категорий и переменных, необходимых для изучения данной задачи. Например, для анализа проблемы «интенсификации инновационных процессов как стратегической задачи теории и практики нововведений» была предложена и использована определенная понятийная схема, элементами которой являются «общественные потребности», «инновационная деятельность», макроэкономические, институциональные и социокультурные характеристики среды, межорганизационные и внутриорганизационные процессы, «жизненный цикл нововведений» и т. д. [8]. В этих переменных нашли отражение и некоторые элементы управленческой структуры, имеющей отношение к рассматриваемой проблеме.

Еще одна важная функция системного исследования, осуществление которой обеспечивает развернутая формулировка рассматриваемой социальной проблемы, — это определение критериев для оценки эффективности (прежде всего социальной, но не только) управления, альтернатив возможных решений проблемы, альтернатив развития. В работе [11], например, где социальные проблемы труда определяются в связи с его ролью в формировании и развитии человека, в описании их выделяются девять элементов: гарантированное право на труд, возможности роста, социально-психологические отношения, содержание труда, оплата труда, условия труда и т. д. Потом на основе этой классификации выделяются два обобщающих критерия — социальный характер труда и его содержание (уровень его механизации и степень однообразия), — которые затем используются для оценки изучаемых альтернатив развития.

Понятие социальной проблемы широко используется в рамках социологии, однако накопленный здесь опыт должен быть, видимо, переосмыслен в свете системных задач.

В первую очередь это относится к тем методологическим сложностям, которые связаны с объективно-субъективным статусом этого понятия.

Очевидно, что основой проблемы всегда является некоторое специфическое объективное положение дел, и в то же время она не существует вне некоторого оценочного отношения, т. е. всегда связана с субъективностью. Первая методологическая задача, которая здесь возникает, а именно учесть и отразить при анализе обе эти стороны, активно решалась, например, в социологических работах в рамках моделирования процессов глобального развития. Проблематика развития глобальной системы как многоуровневая структура, формирующаяся в результате объективных исторических процессов, представлена, например, в работе Н. И. Лапина [9]. Первый уровень образуют обобщенные альтернативы развития глобальной системы как целого, второй — альтернативы, отнесенные к целостностям глобальной системы (природа и цивилизация), а также к ее отношениям и институтам (экономическим, социальным, политическим, культурным). Третий уровень образуют комплексные конкретные проблемы, и четвертый — конкретные отраслевые и региональные проблемы. Уделялось внимание и субъективным аспектам социальных проблем, в первую очередь — тем исследовательским трудностям, которые вызваны самим существованием этих аспектов. Неправомерная, искажающая «субъективизация» проблем может быть связана и с неконтролируемой личностно-ценностной позицией исследователя, с интересами социальных групп и с различиями в культурных стандартах. Поэтому подчеркивалась необходимость использовать при оценке важности проблемы такие социологические критерии, как, например, доля населения, «захваченного» данной проблемой, т. е. считающего ее таковой и объективно находящегося в неблагоприятной ситуации по этому параметру. Для правильного понимания социально-практического значения проблемы важно также описать ее «социальную структуру», т. е. определить, какие социальные группы считают данную проблему актуальной, реально затронуты ею, заинтересованы (или, наоборот, не заинтересованы) в ее решении, готовы принять реальное участие в таком решении или, наоборот, будут активно ему мешать [2].

Однако фиксирование и изучение объективного и субъективного аспектов проблемы — это только первый этап работы. Более сложная задача, которая и рассматривается в данной статье, заключается в том, чтобы найти такие формы анализа, в которых эти две стороны социальной проблемы

выступали бы как единство, оказывались бы внутренне органично связанными.

С этой точки зрения может оказаться полезным один из аспектов понятия системы, в котором система рассматривается как «специфический способ организации знаний» [5, с. 9]. Представляется, что в рамках социологической интерпретации понятия проблемы возможна такая организация знания, которая позволяет методологически по-новому подойти и к формулированию социальных проблем, и к их системному исследованию. Это относится прежде всего к тому, включается ли (и как) в структуру используемого знания описание «субъекта» осознания и исследования проблем. Очевидно, что социологическая оценка проблем предполагает существование некоторого представления о их субъекте. Однако такое представление может быть эпизодическим, рассматриваться как необязательное, а может быть включено в саму структуру привлекаемого к системной задаче знания, как необходимый ее элемент. Кроме того, важно, используются ли в системно организованном знании вне-научные его уровни (например, информация об обыденном сознании). И наконец, имеет значение, как организуется знание о реальной объективной основе возникновения проблем и об оценке их на различных уровнях общественного сознания.

На основании этих соображений выделяются две принципиально разные, как нам представляется, системные задачи. Они различаются по характеру объекта и по тому, как структурируется субъективный аспект проблемы, в частности какой элемент рассматривается как основной, опосредующий связь с аспектами объективными.

В одном случае речь идет о постановке социальных проблем при моделировании глобального развития. Здесь мы имеем дело с инерционными, чрезвычайно сложными и разнородными объективными процессами, которые тем не менее должны быть поняты как присущие некоторому единому объекту — глобальной системе. Не менее сложная субъективная составляющая структурируется в соответствии с формами общественного сознания, но в качестве ключевой составляющей, связывающей оценку проблемы с ее объективной основой выступает научно-теоретическое знание.

В другом случае при описании и анализе «субъекта» проблемы, ее субъективного аспекта последний рассматривается и структурируется не столько как знание, сколько как многообразная, не обязательно строго научно-теоретическая, исследовательская деятельность, в которой ключе-

вым элементом является социальная критика. Объект этой деятельности не уточняется, она может быть обращена на социальные процессы и институты различного уровня. Важно отметить, однако, что знание об этих объектах организуется таким образом, что они представляются достаточно управляемыми, гибкими, относительно несложными.

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Социологическая интерпретация понятия проблемы в исследовании глобальных процессов строится на важном положении марксистской методологии, согласно которому в основе проблемы лежит объективное противоречие как специфическое отношение различных тенденций и механизмов развития целого, системы. При этом если противоречие само по себе не предполагает субъекта, так как существует независимо от него, то проблема всегда есть проблема «для кого-то». Поэтому в объективном процессе выделяется (т. е. в него теоретически «вводится») субъект действия (индивид, группа, организация или общество в целом), имеющий интересы в сфере данного противоречия, преследующий здесь свои цели и, таким образом, вызывающий проблему к реальной социальной жизни. Субъективная составляющая проблемы при таком понимании — не просто сторона, аспект наряду с объективной, а некоторый механизм, который и придает противоречию статус социальной проблемы как проблемы особой, чрезвычайно важной для общества. Выявление и анализ «субъекта» проблемы дает ориентиры и для поисков ее решений, поскольку существует изначальная связь целей и средств, задач и способов их решения. На это обращал внимание К. Маркс, когда говорил, что общество «ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже существуют или по крайней мере находятся в процессе становления» [1, с. 7].

При формулировании сложных, масштабных социальных проблем необходимо учитывать, что они имеют длительность, развиваются, представляют собой не состояние, а процесс, причем весьма неоднородный. Одним из основных механизмов этого процесса является взаимодействие объективных изменений и трансформаций их осознания.

Проблема как процесс имеет в своей основе прежде всего развитие объективного противоречия. Для анализа послед-

него используется сравнение динамических рядов определенных показателей, характеризующих те или иные взаимосвязанные процессы, в результате чего могут быть выявлены несовпадения, несоответствия, усиливающееся расхождение. Это дает основание считать, что проблемы усугубляются или, напротив, разрешаются. Примерами могут служить сопоставления темпов роста населения и производства продовольствия, темпов роста производства энергии и ее потребления.

Разные виды сравнения выполняют различные функции. Временные ряды выявляют изменения в темпах и ритмах процессов; «пространственные», межстрановые сравнения ценны для регионализации проблемы, поскольку маловероятно, чтобы проблема была «равномерно распределена» по всему миру. Для глобального уровня характерны «межпроцессуальные» (в том числе междисциплинарные) сравнения, в которых сопоставляется динамика различных показателей, отражающих поведение глобальной системы, системы социально-экономических, социально-политических и т. п. процессов. Такое сравнение, которое можно назвать методом выявления «аритмии», позволяет преодолеть ограниченность, неизбежную при любой несистемной оценке тенденций, особенно когда речь идет об экстраполяции. Этот метод применяется практически во всех исследованиях глобальных проблем, его можно считать наиболее универсальным. Главное направление, в котором осуществляется развитие этого метода с целью анализа социальных проблем, — это разработка концептуальных оснований и методов измерения для построения обобщенных систем социальных показателей, позволяющих корректно сравнивать, например, динамику социальных и экономических индикаторов.

Существенный недостаток этого метода заключается в том, что он не дает возможности выявить качественные сдвиги в системе. Развитие объективного противоречия необходимо рассматривать не как простое (количественное) нарастание, в нем должны быть выделены точки обострения, сгустки напряженности, которые могут приводить к разрешению прежнего противоречия и развитию нового. Позитивную методологическую роль для решения этой задачи могло бы сыграть, например, использование последних результатов, полученных в теории динамических систем, в частности при построении математической модели развития на основе понятий устойчивости и неустойчивости [4].

Однако особое значение для анализа объективных оснований социальных проблем приобретает разработка и актив-

ное использование такого перспективного метода, как исследование альтернатив общественного развития. В основу этого метода положена гипотеза, что присущая истории вариативность развития неодинакова на отдельных отрезках развития социальных систем, она увеличивается в моменты нарастания объективных противоречий. Поэтому наблюдаемое исследователем обострение альтернативности развития является симптомом проблемной ситуации и может быть использовано как ее индикатор. Исследование таких ситуаций, выражающих «открытость» истории, — наиболее сложный способ выявления социальных проблем. В то же время именно он позволяет глубже понять взаимодействие объективного и субъективного элементов проблемы. Во-первых, в точках альтернативности наиболее четко видна роль тех субъективных факторов, которые придают объективному противоречию статус социальной проблемы. Во-вторых, эта присущая социальным проблемам диалектика объективного и субъективного столь же четко проявляет себя и в исследовании феномена альтернативности. Выявление момента, где возникает реальная социальная многовариантность, и описание ее требуют тщательного, детального, строгого исследования, которое в то же время не может обойтись без социологической интуиции, воображения и даже фантазии, т. е. не может быть до конца строгим.

Для анализа механизма взаимодействия объективного и субъективного элементов социальной проблемы выделяются различные формы ее осознания: научно-теоретическая, идеолого-политическая, а также обыденное сознание и общественное мнение. Перечисленные формы отражения социальных проблем выступают как самостоятельные, часто существующие одновременно формы, образующие различные сочетания. Известно, например, что обыденное сознание никак не реагирует на некоторые формы загрязнения окружающей среды, давно и бесспорно зафиксированные наукой, и в то же время ядерная угроза часто оценивается общественным мнением более точно, чем в некоторых утонченных научных разработках. Различной может быть и последовательность форм осознания. В одних случаях оно начинается с обыденного сознания, в других — преимущественно или даже исключительно с теоретического уровня. Например, многие глобальные противоречия, в силу их сложности и масштаба, не могут быть адекватно представлены в обыденном опыте. В то же время многие отрицательные последствия НТР, например разрушение сельскохозяйственных земель, хорошо известны людям на собственном опыте, но

они не осознаются как глобальные, т. е. в сознании не дан их реальный масштаб и тем более не дана «предельность».

Формулирование глобальных проблем, требующих в силу своего масштаба и сложности специального исследования и специальных знаний, начинается, как правило, на уровне научно-теоретического сознания. Оно может быть достоянием достаточно узкого круга специалистов, но поскольку это первая профессиональная оценка глобальной проблемы, то она сама должна стать предметом диагностики. В «Римском клубе», например, постановка глобальных проблем была начата узким кругом исследователей и, как стало ясно позднее, страдала большей упрощенностью. Диагностика глобальных проблем на этой стадии, видимо, должна производиться методом экспертных оценок.

Весьма значима для глобальных проблем идеолого-политическая форма их общественного осознания. Именно здесь происходит осмысление социальных интересов и формируются цели социальных субъектов. Примером исследования этой формы могут быть работы сассекской группы по построению сценариев и проект Ласло [15]. Применяемый ими метод — анализ документов, на основе которого в одном случае были описаны сценарии развития, в другом — атлас национальных, региональных и транснациональных целей. Другой метод, который включает анализ самых разных форм идеологии — от государственных социально-политических программ и религий до политических убеждений и контркультур, более, на наш взгляд, отвечает специфике самого осознания и поэтому позволяет выявить новые, на этот раз социально-политические, социально-ценностные проблемы, связанные с формированием глобального субъекта. Он точнее характеризует социально активные по отношению к проблеме группы. На глобальном уровне этот метод выявляет различия в системах ценностей, идеологиях и политических ориентациях социальных систем и различных стран.

Анализ массового сознания может дать ответы на следующие вопросы, касающиеся состояния глобальных проблем: 1. Какова степень социальной зрелости самой проблемы, которая может измеряться осведомленностью о ней общественного мнения? 2. Каков уровень и распространение знаний о проблемах в массовом сознании, что может служить свидетельством готовности его к принятию и осуществлению соответствующих политических решений? От состояния массового сознания в определенной мере зависит и выбор альтернатив развития лицами, принимающими решения. Методами изучения массового сознания применительно к задачам

глобального моделирования могут быть традиционные социологические методы исследования средств массовых коммуникаций и общественного мнения.

В процессе развития проблемы можно выделить такую специфическую стадию, как кризис. Кризис характеризуется как крайнее обострение противоречия, нарастание недовольства (или растерянности), интенсификация поисков разрешения проблемной ситуации. Одним из острых, хотя и субъективных симптомов кризиса является ощущение завершенности, исчерпанности некоторого процесса, что выражается понятием предела. Достижение «пределов» может восприниматься как начало конца, гибели, краха (перенаселенность, исчерпание какого-либо ресурса и т. д.). Кризис, как этап развития проблемы, сопровождается пессимизмом в оценке положения, и, кроме того, «научные решения, принимаемые в ситуации, считающейся кризисной, нередко характеризуются большей или меньшей зависимостью от обыденного сознания и связанной с ним ограниченной утилитарной ориентацией» [3, с. 11]. Тем не менее кризисная стадия социальной проблемы как процесса стимулирует не только поиск выхода, но и многие другие формы социальной активности. Именно поэтому происходит переход к более оптимистическим оценкам.

Специфической формой соединения объективного и субъективного элемента проблемы является формирование, определение некоторой социальной нормы. Ощущение недовольства, напряженности, свойственно проблемной ситуации, нуждается обычно в объективной оценке, поэтому в данном случае обычно прибегают к представлению о некоторой «норме», по отношению к которой и фиксируется проблема как отклонение. Для того чтобы формулирование некоторой социальной нормы служило методом выявления проблем, необходимо различать три вида норм. Во-первых, нормальным считается то, что распространено, массовидно, приняло характер среднестатистического состояния («реальные» нормы). Во-вторых, если в результате анализа «реальных» норм формируются некоторые конкретные «эталонные» (например, представление о том, каков сегодня «достойный человека» уровень жизни), можно говорить о «реально-эталонных» нормах. И наконец, существуют нормы, основанные на представлении (концептуальном или идеологическом) о должном, «идеальном» состоянии, т. е. «нормы-идеалы», стратегические ориентиры. Рассогласование и самих норм, и оцениваемых с их помощью процессов рассматривается как симптом возникновения проблемной ситуации, который

позволяет определить и характер, содержание проблемы, и степень ее остроты.

Наиболее «объективные» нормы, применяемые сейчас в исследовании глобальных проблем, — нормы питания и нормы загрязнения — являются биосоциальными, хотя и они в какой-то мере относительны. Значительно менее обоснованные нормы применяются в других, более сложных случаях. Например, Тинберген, Леонтьев и другие исследователи фиксируют разрыв между развитыми и развивающимися странами как 12 : 1 и ориентируются на разрыв 3 : 1 (как это имеет место в ЕЭС), что было бы, по их мнению, «нормально». Это пример социальных «реально-эталонных» норм, который убедительно демонстрирует их условность. К таким относительным нормам, связанным с ориентацией на образцы, эталоны, принадлежат, например, многие нормы потребления, культурности (образованности) и т. д. Нормы-идеалы разрабатываются в социологических концепциях. Продолжение работы над оценкой проблем с помощью норм должно состоять в том, чтобы расширять круг норм, могущих быть обоснованными, привлекать к участию в этом процессе компетентные международные организации, усиливать контроль, в том числе международный, за их соблюдением и — что особенно важно — способствовать становлению и культивированию общечеловеческих норм, ценностей (в частности, идей консолидации), что служит гарантом единого понимания проблем.

Особым случаем применения нормативного способа выявления проблем можно считать использование некоторых синтетических показателей и сравнительный анализ развития с их помощью. Таким синтетическим показателем можно, например, считать валовой национальный продукт (ВНП) на душу населения (хотя некритическое использование его может приводить к переоценке роли экономического фактора) Однако других показателей, сравнимых с ним по степени обобщенности и эффективности применения, пока не существует, и методическая (методологическая) проблема состоит в поиске таких показателей.

СОЦИАЛЬНАЯ КРИТИКА КАК ПРЕДПОСЫЛКА СОЦИАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМАТИЗАЦИИ

Постановка и развитие социальных проблем исторически тесно переплетаются, существуют в форме социальной критики как особой, идеологически-исследовательской сферы деятельности.

Социальная критика может пониматься как элемент развитого случая социального конфликта, в котором присутствует осмысление и обоснование позиций по крайней мере одной из конфликтующих сторон. Развертываясь в сфере мышления, социальная критика всегда оставляет возможность вернуться в план реального взаимодействия и практического социального конфликта. В простейших случаях критик выражает позицию участника практического социального конфликта и формирует его идеологию или утопию (если пользоваться терминологией К. Мангейма). В более сложных случаях практически действующий субъект конфликта становится таковым в ходе развертывания критики. Таким действующим субъектом часто оказывается «организация» (общественная, политическая, международная и т. п.), преимущество которой перед отдельным индивидом состоит в том, что она в принципе может стать равнозначной любому другому субъекту социального действия.

Социальная критика как вид критики до сих пор не превратилась в профессию, хотя и составляет существенную часть некоторых профессий (политиков, публицистов, философов, социологов). Видимо, для нее более важна не профессиональность, а позиционность — выражение интересов определенной социальной (референтной) группы, даже если речь ведется от лица общества в целом.

Связывая деятельность по постановке и развитию социальных проблем (деятельность проблематизации) с социальной критикой и вместе с тем противопоставляя их, подчеркнем, что социальная критика выступает как нечто внешнее по отношению к объекту критики (тогда как проблематизация становится механизмом его развития). Первоначально отнесение критики именно к социальной определяется не ее социально-групповой позиционностью (она часто остается скрытой), но ее социальным «содержанием». (Что именно относится к таковому, зависит от конкретно-исторической ситуации.)

«Естественным» следствием процесса критики является распадение объекта критики на две составляющие — объективную и субъективную; те, к кому обращается критик, на кого возлагает ответственность за сложившееся положение дел, образуют субъективную составляющую, а все остальное оказывается объективной составляющей. Тем самым полагается процесс коммуникации между критиком и критикуемым, и требования к данному процессу (установление определенного взаимодействия, обязательность «понимания» критики критикуемым, развитие критических текстов в свя-

зи с задачами понимания) служат источником развития самой критики.

Ситуации взаимодействия критика и критикуемого могут быть различными. Критика может быть явной, когда критик сознательно противопоставляет себя критикуемому субъекту и критикуемой ситуации в целом (что происходит в условиях его недостижимости для критикуемого или решимости идти до любой степени практического конфликта). Вместе с тем критика может быть и имплицитной, неявной, когда существующее оценивается не прямо, а за счет противопоставления ему идеальных или лучших образцов (социального поведения, социального устройства и т. п.) в морально-политических трактатах.

Важно, что различный характер включенности критика в социальную ситуацию приводит к различию форм критического знания. В одном случае это критическое по интенции знание, существующее в виде набора положительных или отрицательных примеров и ситуативных образцов, прежде всего поведения, поскольку адресатом такой имплицитной критики служит индивид. Эти примеры и ситуационные образцы несут более или менее выраженную прожективную функцию (даже если идеал видится в ретроспективе), ориентированы на задачу социального преобразования, блестящие примеры чего демонстрируют, скажем, Н. Макиавелли и М. Монтень. Суженные до морали, т. е. до норм индивидуального поведения, и дидактически оснащенные, они становятся разделом педагогики. (Заметим, что проповедуемая мораль и основанная на ней педагогика несут в себе имплицитно большой критический заряд.)

Эксплицитная критика не столько декларирует нормы поведения и рисует адекватные им ситуации (оставляя это морали), сколько использует их для развертывания оценочных суждений по поводу действительности, фиксирует факты отклонения от нормы и, главное, объясняет природу (причины) этих явлений. Для такой критики всегда нужны основания, которые становятся предметом особого внимания, развиваются в определенную теоретическую концепцию, задающую широкий, развернутый образец по отношению ко всему критикуемому целому. Будучи рационализированными, т. е. выражая новые причинные связи, которые не порождают существующих отрицательных и критикуемых положений дел, эти образцы-концепции идут дальше чистых идеалов (скажем, религиозных представлений о потустороннем мире), давая начало на определенном историческом этапе утопии и, наконец, социально-политической теории. Гра-

ницы этого образца-концепции задают и границы объекта критики: конструирование образца означает тем самым конструирование объекта критики (в имплицитной критике границы такого объекта принципиально не определены).

ПРОБЛЕМА КАК РЕЗУЛЬТАТ ИНТЕРНАЛИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ КРИТИКИ

Принципиальное различие между социальной критикой и проблематизацией состоит в том, что первая выступает как нечто внешнее по отношению к объекту критики, тогда как вторая берет на себя ответственность за развитие критикуемого объекта, участвует в управлении этим развитием и с этой точки зрения может рассматриваться в качестве принадлежащей самому объекту критики. И все же возможность проблематизирующего подхода складывается в ходе развития критической деятельности, выхода содержащихся в ней прожективных моментов на первые роли.

Прежде всего в условиях, когда критика все более концептуально оснащается, складываются особые отношения между концепцией и объектом критики: концепция оказывается не только основанием критики, но и идеальной нормой («должным», проектом) по отношению к объективному положению дел. Или иначе, концепция, являясь основанием социальной критики, может быть соотнесена с соответствующим социальным объектом и вне ситуаций критики может быть рассмотрена как указание на то, что должно быть изменено, развито в нем в соответствии с концепцией (а не просто отброшено в силу несоответствия образцу-концепции). Реализации этой функции способствует то, что фигура «конструктора социальной концепции» часто возникает рядом с социальным критиком, дополняет его и отличается от него. Так, например, создатели выдающихся утопий не всегда были явными и последовательными критиками существующего положения дел (критическая позиция, которая в конечном счете привела Т. Мора на плаху, связана с его конфликтом с Генрихом VIII и непризнанием англиканской церкви, а не с утопическими построениями).

Существенным шагом в развитии социальной критики в направлении социальной проблематизации является формирование устойчивых ситуаций, в которых наряду с одним критиком возникают второй, третий и так далее, оснащенные собственной социальной концепцией. Если объекты критики и концептуального нормирования у них в основном совпадают, то легко появляется феномен взаимной критики; при

Этом резко меняется и расширяется объект критики и ее содержание: предметом критики становится не только внешняя социальная ситуация, но и все компоненты деятельности противоположной критико-нормирующей стороны.

Важным достижением развитой взаимокритики является различие в качестве объектов критики «продуцентов» и их продуктов-текстов, а именно: концептуалиста и концепции, критика и критического текста. Это различие, в частности, позволило понять, что тексты могут диаметрально противоположно описывать сложившуюся действительность и утверждать несовместимые нормативные положения и не быть в то же время просто ложными, поскольку за каждым из них стоят различные социальные позиции (наиболее общим выражением этой позиционности является классовая принадлежность, сказывающаяся в идеологии ее представителей). С этой точки зрения может оказаться, что социально нейтральные, казалось бы, тексты, касающиеся сугубо «технологических» сторон деятельности — финансовой, производственной, выражают интерес той или иной социальной позиции и могут стать предметом острой социальной критики. Следовательно, критика становится социальной не только потому, что она относится к заведомо «социальному» объекту, но и потому, что она вскрывает особые социальные моменты, «позицию» в поведении и мышлении отдельных лиц, понимает их в качестве выразителей интересов социальных групп. Прекрасный пример такой «социологизации» демонстрирует развитие литературной критики в России XIX в.

В условиях двух (и более) «критических рядов», взаимо-критики интенсифицируется коммуникация между критиками. В частности, появляются такие специфические жанры, как «ответ моему критику», «ответ на критику моей критики». Тем самым внешняя критика может ассимилироваться и становиться внутренним делом, пониматься критикуемым более всесторонне и «объективно», анализироваться с точки зрения ее аргументации, применяться к собственным взглядам и представлениям о направлениях развития социальной действительности. Наконец, внешняя критика может предвосхищаться в вопросах к самому себе и своей концепции, подходу, позиций.

Интернализация внешней критики служит важнейшим шагом на пути постижения социальных коллизий, трудностей и отступлений от общественных норм как чего-то более сложного, чем то, что может быть разрешено путем построения определенной концепции или идеальной модели социального объекта, которую надо лишь реализовать для ис-

правления критикуемого положения дел. На смену наивному рационализму приходит понимание, что подлинная социальная проблема коренится в противоречивости совокупной социальной деятельности, а ее разрешение оказывается длительным историческим процессом по преобразованию этой деятельности, связанным с учетом множества сталкивающихся позиций, причем разрешение одних противоречий ведет к возникновению других.

Достижением и преимуществом марксизма перед другими социальными учениями является понимание этого факта — понимание того, что любое чисто теоретическое, кажущееся «окончательным» решение социальной проблемы рискует оказаться утопией, поскольку ее разрешение есть длительный процесс исторической практики, в которой она раскрывается своими новыми сторонами и требует нового теоретического анализа и разработки новых средств практической деятельности.

ПРОБЛЕМА И РЕФЛЕКСИЯ. МЕТОДЫ ПРОБЛЕМАТИЗАЦИИ

Интернализация внешней критики является важной предпосылкой для проблематизации — постановки вопросов относительно своей собственной позиции, своих концепций, своего места в сложившейся общественной ситуации в сопоставлении с другими возможными подходами. Однако возможность проблематизации в процессе взаимной критики еще не означает ее актуализации.

Процесс ассимиляции внешней критики может происходить в виде особого рефлексивного процесса. При этом единый рефлексивный процесс как бы распадается на два этапа: рефлексия чужой критики в свой адрес (шире — чужой критико-конструктивной работы) и саморефлексия — оценка предшествующего этапа собственной деятельности и предвосхищение возможной критики.

Если рефлексия чужой критики имеет определенные организационные и мыслительные формы (устные и печатные дискуссии) — пусть и не специфические, связанные с задачами коммуникации и понимания в условиях взаимной критики, то саморефлексия такой формы не имеет.

Вероятно, именно отсутствие специальных форм саморефлексии обуславливает то, что рефлексия отнюдь не всегда переходит в развернутую проблематизацию — распредмечивание, конструктивное сомнение в правильности своей позиции. Эта важная стадия может выпасть, может быть

заменена непосредственной ассимиляцией чужой критики, достраиванием своей концепции и своего критического знания теми положениями чужой критики, которые кажутся справедливыми или которые имеют успех в глазах третьих лиц, за внимание которых приходится бороться. Такое освоение чужой критики порождает эклектику. Менее всего при таком подходе осваивается чужая критика в адрес позиционности критикуемого — в лучшем случае меняется система лозунгов и развивается компенсаторная аргументация в самооценке.

Но именно в последнее время наметился ряд подходов, непосредственно нацеленных на деятельность по проблематизации и приведших к определенным успехам¹.

Поскольку сутью социальной проблемы является труднопреодолимый конфликт социально значимых участников деятельности, выход из которого связан с рефлексивным осознанием ситуации и ее качественной перестройкой, то процедура проблематизации требует построения модели конфликта теми, кто включен в него, что предполагает осуществление критики, взаимокритики и самокритики, рефлексии и саморефлексии; нахождения принципиальных путей трансформации моделируемой ситуации в иную, снимающую выявленные конфликты.

Центральным здесь является этап саморефлексии, поэтому переход к социальной проблематизации осуществляется тогда, когда саморефлексию осуществляет (помогает осуществить) некоторое внешнее лицо, не заинтересованное прямо в сохранении и упрочении рефлексированной концепции и критики, не стоящее на позициях соответствующих продуцентов.

Такая позиция складывается сегодня в области социального управления; в частности, она выражается «консультангом». Внешний для организации консультант, как правило, приходит в организацию тогда, когда там уже сложилось несколько критико-конструктивных направлений, имеет место взаимная критика, и его задача — найти оптимальное решение, а не поддержать одну из борющихся сторон. В законченном виде эта установка находит свое выражение в том, что консультант не принимает содержательных решений, лишь организует взаимодействие сторон (их взаимную критику, обоснование той или иной позитивной точки зре-

¹ В дальнейшем мы рассматриваем только такие социальные проблемы, которые возникают в условиях неантагонистических противоречий и для своего разрешения требуют не революционных методов, а совершенствования сложившихся структур.

ния и т. п.), особое внимание уделяется этапу проблематизации. Трудности при этом возникают из-за отсутствия удовлетворительных и организационно закрепленных форм деятельности по выявлению и проблематизации позиций, а также достаточно универсальных форм и методов нахождения компромиссных для нескольких позиций решений.

Нахождение позиционного компромисса ради разрешения проблем возможно за счет определенных практических модификаций позиционно-ролевых структур, поскольку проблема не сводится к простому взаимонепониманию и незнанию позиций других участников деятельности и не снимается за счет узнавания. Модификация обычно затрагивает так или иначе все позиции, поскольку каждая из них выражает свою «законную» и обоснованную точку зрения, простое суммирование которых приводит ко многим неразрешимым противоречиям.

Важный шаг в нахождении форм выявления и фиксации позиционности сделан в так называемых организационно-деятельностных играх [15]. В исходном пункте такой игры ставится межпрофессиональная или межролевая «задача», которая не решается ни одним из вовлеченных в игру специалистом (что предполагает предварительную оценку организаторами игры исходной ситуации в качестве социальной проблемы). Попытки решить эту задачу в ходе игры приводят к межпрофессиональным (ролевым, позиционным) конфликтам, например набору оппозиционных утверждений по одному и тому же поводу, которые тем не менее все имеют право на существование, т. е. являются социально значимыми, а не частно-ситуативными, надуманными или обусловленными психологическими факторами. Результирующим по отношению к этапу проблематизации является построение синтетической модели, на которой изображены, с одной стороны, «объективное» положение дел, данное как бы независимо от изображающих и критикующих это положение дел, а с другой — социальные позиции данных аналитиков и критиков в соответствующих социально-ролевых и культурологических структурах.

Среди организаторов игры надо отметить двух — проблематизатора и организатора рефлексии. В функции организатора рефлексии входит фиксация оппозиционных утверждений, возникающих в виде групповых дискуссий, как выражающих определенные позиционные различия, демонстрация этого факта участниками игры, а также обучение их приемам позиционной и мыслительной рефлексии. Проблематизатор же управляет построением модели, которая демон-

стрирует, что содержательные противоречия во многом являются следствиями позиционных расхождений.

После построения такой модели ставится задача разрешения проблем — за счет преобразования модели ситуации, в ходе которого формируются новые позиционные структуры и объекты их деятельности.

Важно отметить, что в такой организационной форме проблематизация, ориентируемая на социально-конструктивную деятельность, приходит к задачам развития некоторой действительности достаточно быстро, не проходя всех сложных стадий развития социальной критики, которые были описаны нами выше. Проблематизация в этом случае строится за счет выяснения противоречий, часто скрытых, в том числе и от взора критики, различных социальных ролей и групп. Поэтому процесс проблематизации может быть начат не в ответ на критику, а в качестве исходной точки деятельности по развитию социальной системы специально выделенным для этого проблематизатором, вступающим в связь с другими ролями, ответственными за такое развитие. Так, например, сегодня отчетливо выделяются фигуры «проектировщика» социальных систем и «программиста», отвечающего за процесс реализации проекта. Проблематизатор может работать вместе с ними, проблематизируя, в частности, проектные и программные варианты, развивая их. В этом случае проблема вовсе не сводится к отсутствию адекватных средств для достижения поставленной цели или к разрывам, возникающим при решении традиционных, но трансформировавшихся со временем задач с помощью традиционных средств. Социальная проблематизация, нацеленная на развитие систем деятельности и тесно связанная с разработкой их проектов и программ развития, включает в себя и целеполагание, и формирование разрывных ситуаций; она не исходит из социальных разрывов, а создает их, доводит трудности до сознания их в качестве проблем и затем требует определенных методов решения, социальной перестройки.

* * *

Активное использование социологического знания в системных исследованиях только начинается. Однако в любом начале можно увидеть многое — и будущие трудности, и первоочередные задачи. Опыт применения категории «проблема» для решения системных задач мы попытались оценить с этой точки зрения.

Трудности, с которыми придется сталкиваться социологии в системном исследовании, будут связаны, видимо, именно с «двойственностью» социологического знания. Характерное для него включение в описание социальной реальности «субъективных» переменных, несомненно обогащая такое описание, неизбежно ставит и новые исследовательские задачи. Основная из них — разработка методологии, позволяющей органически сочетать объективное и субъективное «измерение» реальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 13.
2. Бритков В. Б., Попов К. Н. Моделирование профессиональных структур несоциалистических стран.— В кн.: Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1982, с. 54—67.
3. Гвишиани Д. М. Марксизм-ленинизм и глобальные проблемы.— В кн.: Моделирование процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1979, вып. 8, с. 5—17.
4. Евин И. А., Яблонский А. И. Модели развития и теория катастроф.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 98—130.
5. Емельянов С. В., Паппельбаум Э. Л. Системы, целенаправленность, рефлексия.— В кн.: Системные исследования. Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 7—38.
6. Инновационные процессы: Тр. семинара. М.: ВНИИСИ, 1982.
7. Коржева Э. М., Бурьян Т. И., Бритков В. Б. Моделирование бюджетов времени населения.— В кн.: Моделирование процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1979, вып. 8, с. 82—90.
8. Лапин Н. И. Интенсификация инновационных процессов — стратегическая задача теории и практики нововведений.— В кн.: Инновационные процессы: Тр. семинара. М.: ВНИИСИ, 1982, с. 5—18.
9. Лапин Н. И. Социальные проблемы — ядро специализированной концепции глобального моделирования.— В кн.: Социологические аспекты глобального моделирования. М.: ВНИИСИ, 1979, вып. 6, с. 4—17.
10. Нововведения в организациях: Тр. семинара. М.: ВНИИСИ, 1983.
11. Попов К. Н. Моделирование социальных аспектов труда.— В кн.: Социологические аспекты глобального моделирования. М.: ВНИИСИ, 1979, вып. 6, с. 49—62.
12. Социологические аспекты глобального моделирования. М.: ВНИИСИ, 1979. Вып. 6.
13. Щедровицкий Г. П., Котельников С. И. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации и метод развития коллективной деятельности.— В кн.: Нововведения в организациях. М.: ВНИИСИ, 1983.
14. Яблонский А. И., Коржева Э. М. К построению математической модели отпускной досуговой миграции.— В кн.: Неформализованные элементы системы моделирования глобального и регионального развития. М.: ВНИИСИ, 1982, с. 117—126.
15. Laszlo E. Goals for mankind. N. Y., 1977.

О ДВУХ ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Л. П. МАЛКОВ

ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ

Возрастание сложности экономических систем и повышение требований к качеству управления ими влияют на отношение к экономическому моделированию. Методы, адекватные определенному этапу развития экономики, могут со временем утратить это свойство. Теория моделирования экономических явлений должна обеспечивать определенное разнообразие моделей и их соответствие целям создания и прототипу, т. е. моделируемой системе. Реализация этого условия возможна не только путем увеличения числа моделей, но и за счет применения различных подходов к моделированию. Под подходом здесь понимается целостная совокупность предпосылок, принципов, методов, которая используется для построения конкретных моделей широкого спектра экономических явлений.

Рассматриваемые подходы. Ниже анализируются и сравниваются два различных подхода к экономическому моделированию: широко известный оптимизационный и развивающийся новый подход, почти не рассматривавшийся ранее как самостоятельный и не имеющий общепризнанного названия. Для него предлагается термин «подход структурного подобия».

Модели, построенные в рамках подхода структурного подобия, по терминологии, введенной в [6], являются моделями прямого описания прототипа. Отсюда следует, что им противостоят не только оптимизационные, но и другие модели с косвенным описанием прототипа. Однако ниже рассмотрение ограничено только подходами структурного подобия и оптимизационным. Вне поля зрения оказываются другие подходы, например эконометрический, использующий статистические методы, в частности регрессионные уравнения. По-видимому, подходы прямого подобия и оптимизации могут быть объединены в рамках метаподхода, предложенного в [8]. Метаподход связан с более высоким уровнем методологической и теоретической общности изучения проблем экономического моделирования, чем анализ отдельных подходов. Ниже подходы к построению экономических

моделей анализируются только на уровне содержательных предпосылок и принципов.

Форма рассмотрения. Существование подходов, претендующих на общность, позволяет выделить в них стандартные темы, с которыми в каждом подходе связывается свой комплекс представлений. Такие темы образуют то, что можно условно назвать базисом системы предпосылок подхода, поскольку его рассмотрение раскладывается на этапы по изучению базисных тем. Для подходов к экономическому моделированию выделяются три темы: представления о методах изучения и воздействия на экономическую реальность, представления о характере поступков человека как части экономической системы, представления о способе функционирования экономической системы. Другие темы, которые тоже можно включить в число базисных, например представления о характере воспроизводства и развития экономических систем, рассматриваться не будут.

Совокупность предпосылок и принципов подхода является системой, а не простым объединением отдельных положений, поскольку между ними имеются содержательные связи. Изменив одно или несколько положений, нельзя ожидать, что полученная совокупность определит некоторый новый подход. Например, в оптимизационном подходе предполагается, что как поведение отдельного экономического агента, так и функционирование народного хозяйства являются процессами стремления к некоторым целям, и эта согласованность необходима для целостности всего подхода.

Цели рассмотрения. Настоящая работа преследует несколько целей. Во-первых, выявление целостности системы предпосылок подходов к построению экономических моделей. При этом для конкретных подходов формулируются отдельные положения такой системы и устанавливаются содержательные связи между ними. Во-вторых, на основе изучения систем предпосылок двух подходов предлагаются некоторые темы, перспективные для включения в модели. В-третьих, исследуется как самостоятельный подход структурного подобию, объединяющий ряд разработок, не относимых к традиционно рассматриваемым подходам. Обсуждаются его проблемы, характерные черты и возможности.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД

Нет сомнений в том, что оптимизационный подход сыграл выдающуюся роль в развитии экономического моделирования и возможности его далеко не исчерпаны. Дальней-

шее его развитие связано, в частности, с переосмыслением его исходных предпосылок и принципов. В [8] проведен анализ возможностей реализации основных принципов этого подхода. Ниже рассматриваются некоторые другие его базисные положения, при этом внимание уделяется конструктивным возможностям преодоления возникающих проблем.

Метод оптимизационного подхода. При рассмотрении методов экономического моделирования выделяются два уровня понятий — внутренний и внешний. Внешний уровень включает понятия, описывающие связь моделей со своими прототипами. К внутреннему уровню относятся понятия, характеризующие логику работы специалиста в рамках определенного метода.

Принцип ориентации на изменение, а не описание экономической системы. Принцип ориентации на воспроизведение и объяснение реальности для многих наук входит в критерий научной достоверности. Он не обязательно связан с воспроизводимостью, повторяемостью изучаемых процессов. Например, экономическая история имеет дело с неповторяющимися процессами, но ее основная задача — описание этих процессов, а не выработка рекомендаций. Оптимизационный подход использует противоположный принцип. Его целью является рассмотрение не того, какова экономика, а того, какой она должна быть. А этот принцип в свою очередь обусловлен интересом к целенаправленному изменению экономики, а не ее описанию. Такое положение вполне объяснимо с позиций практики, требующей совершенно конкретных и часто неотложных рекомендаций. Однако следует учесть, что относительная медленность экономических процессов и невозможность устранить побочные факторы приводят к тому, что неадекватность моделей, если не ставить о ней вопрос специально, не может быть определена из практики. Еще труднее установить, что модельный образ экономики, которая рассматривается как то, что должно быть, соответствует содержательным представлениям о ней.

Дедуктивность. Важной особенностью метода работы специалиста в рамках оптимизационного подхода является дедуктивность. Конкретные модели в значительной степени опираются не на эмпирические исследования, а на теоретические схемы. Дедуктивность является следствием ориентации на изменение, а не описание экономической системы. Поскольку модели не сравниваются с реальностью, а внедряются в нее, они создаются с помощью конкретизации общих схем и формализованных процедур вывода.

Дедуктивность процедуры построения модели предподре-

деляет использование строго определенного понятийного аппарата. Соответственно и реальная экономика видится как реализация (и, возможно, искажение) понятийных конструкций, полученных в рамках используемого подхода. Это приводит к абстрагированию от ряда факторов, которые могут быть существенны для многих задач.

Неявное предположение о возможностях гибкого реагирования экономических систем на изменение целей не учитывает наличия своего рода инерции, присущей таким системам. Поэтому вне рассмотрения оказываются понятия, описывающие «инерционное ядро» экономики: технологии, институциональные факторы, социальные нормы и их влияние на цели людей и общества и др. Нельзя считать недостатком то, что в оптимизационном подходе не рассматриваются во всей их полноте эти понятия. Было бы неверно считать, что какая-либо теория может заранее учесть все аспекты реальности. Однако не всегда осознается, что область применения оптимизационного подхода в его современном виде ограничена системами, в рамках которых «инерционные» факторы несущественны. И в результате не делается проверка выполнимости данного условия.

По-видимому, нет причин, по которым принципиально нельзя было бы включить перечисленные понятия в оптимизационный подход. Отсутствие в нем этих понятий во всем их многообразии обусловлено в первую очередь безразличием к ним, как кажется связанным с дедуктивностью метода.

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ПОВЕДЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АГЕНТА

В основе оптимизационного подхода лежит представление о том, что экономический агент действует только на основе разума, причем разумность означает, что он постоянно преследует некоторые цели. Вопрос о степени рациональности поведения человека неоднократно обсуждался, и высказывавшиеся мнения имеют прямое отношение к рассмотрению экономических агентов. Для описания реального поведения Г. Саймон использует образный термин «ограниченная рациональность» [16]. Нерациональность поведения человека является известной темой в философии, социологии, психологии [11]. Ниже обсуждается несколько вопросов, связанных с проблемой рациональности поведения экономического агента и важных, как кажется, для экономического моделирования.

Устойчивость структуры целей. В своей деятельности экономический агент если и преследует цель, то не одну. Этот момент отражается в моделировании при использовании многокритериальных задач. Но совокупность целей образует структуру, которая может изменяться под влиянием ситуации. Такая структура устойчива, если ее ситуативные изменения несущественно сказываются на поведении. При моделировании необоснованно в общем случае предполагать устойчивость соответствующей структуры, а это означает необходимость моделировать процесс ее изменения, т. е. целеполагание. Таким образом, в определенных условиях при принятии гипотезы оптимальности критерий оптимизации должен рассматриваться не как исходное данное, а как результат моделирования.

Содержательные цели. В ряде случаев цели экономических агентов выражаются понятиями, объем которых не определен однозначно: престиж, стабильность, мода и т. п. Хотя в ряде работ такие понятия представляются как количественные, подобная их трактовка является искусственной и порождена не столько исследуемым явлением, сколько определенной методологической установкой. Содержательные цели могут быть структурированы путем указания входящих в них подцелей. Но такая структуризация ситуативна и индивидуальна. Как разбиение на подцели, так и оценка их важности зависят от нерациональных факторов: эмоций, личного опыта, притязаний, склада характера и т. п. Индивидуален и уровень существенности таких зависимостей. Однозначный учет всех этих факторов весьма затруднителен. В частности, покупатель может выглядеть нерациональным, если он легко и часто будет менять свои требования к товарам (эти требования можно рассматривать как результат структуризации содержательной цели — «купить хороший товар»). Содержательность не означает отсутствия логики решений, но предполагает ситуативную и не обязательно устойчивую логику.

Нецелевое поведение. Важным примером нецелевого поведения являются действия по стереотипу, обусловленные не столько целями, сколько прошлым опытом, представленным в нормах, традициях, правилах и т. п. Одним из инструментов моделирования такого поведения может быть теория ситуационного управления, возникшая при изучении деятельности диспетчеров [12]. В соответствии с этой теорией текущая ситуация относится к одному из классов ситуаций, каждому из которых сопоставлено некоторое правило действий.

Учет средств достижения целей. Ретроспективный анализ позволяет подобрать цель практически для любого поступка. Так, в ряде случаев при нормативном поведении можно считать, что выбор поведения определяется не результатами деятельности, а характером самой деятельности — привычностью, легкостью, приятностью и т.п. Тогда «полная» цель формулируется не только в терминах, описывающих результат деятельности, который является первичной целью, но и в терминах, описывающих средства достижения первичной цели. Ограниченность применимости в моделировании гипотез о возможности отделения целей от средств и о безразличности средств для достижения целей отмечалась в [15].

ОПТИМАЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В оптимизационном подходе предполагается, что народное хозяйство и его экономические подсистемы должны функционировать в соответствии с некоторым критерием, настолько четким, что с его помощью можно оценивать различные ситуации. Данный тезис порождает ряд проблем, разрешение которых, возможно, требует включения в модели дополнительных факторов.

Критерий достоверности. Более важной, чем практический вопрос о явном виде цели функционирования конкретной экономической системы, является методологическая проблема нахождения критерия достоверности нашего знания этой цели. Если известен критерий, то можно предложить последовательные процедуры поиска вида целей. Важность проблемы критерия достоверности в том, что даже если функционирование системы оптимизационно, т. е. объективно существуют некоторые «реальные» цели ее функционирования, то они должны развиваться и отсутствие коррекции «формальных» целей, используемых в ходе оптимизации, будет уводить от «реального» оптимума, может быть, больше, чем функционирование, не столь преданное идее оптимизации. Иначе говоря, такой критерий нужен для того, чтобы не допускать оптимизации функций, не соответствующих «реальной» структуре целей экономической системы. Путь решения данной проблемы состоит в моделировании процессов изменения структуры целей. Здесь исходная проблема переносится на более высокий методологический уровень, приводя к проблеме критерия точности такого моделирования.

Механизм реализации целевого характера функционирования. Функционирование в соответствии с некоторым критерием не является свойством, имманентно присущим народному хозяйству. Внедрение оптимизационного подхода требует определенного механизма поддержки и воспроизводства оптимального характера функционирования. При этом возникает проблема соответствия целей, поступающих на вход такого механизма, и целей, фактически им реализуемых. Во-первых, цели могут искажаться, например в процессе их агрегирования и последующей детализации, а также за счет их отчуждения от конкретных носителей. В последнем случае изменение целей экономических подсистем и агентов отражается с запаздыванием в механизме реализации целевого характера функционирования. Во-вторых, в самом механизме, реализующем целевой характер функционирования, могут возникать собственные внутренние цели, влияние которых на процесс функционирования окажется неучтенным. Эти цели могут порождаться ведомственными и местническими интересами. Отсюда следует, что по крайней мере в определенных случаях желательно включать в модели блоки, воспроизводящие деятельность данного механизма.

Формальный аналог понятия «стремление к цели» в экономическом моделировании. При анализе предпосылок следует подвергнуть сомнению не только вид конкретной целевой функции, но и обоснованность представления о том, что формальным аналогом понятия «стремление к цели» являются задачи на экстремум. Такое представление связано с определенной социокультурной и научной традициями. Репрезентация в формализованном виде других представлений о цели требует, вообще говоря, иных математических средств, причем необязательно из числа уже существующих. Например, известен тип целей, состоящих в стремлении к понимаемому в каждом случае по-своему стабильности или устойчивому развитию. Цели такого рода не обладают атрибутами экстремальности, поскольку само понятие сравнимости по критерию близости к цели может быть не определено, а варианты, близкие к искомому, обязательно обладают теми же свойствами, что и он. Попытки дальнейшего уточнения целей данного вида путем придания им экстремального характера, например рассматривая максимальную устойчивость, будут насильем, искажающим существо этих целей. Разработанность математического аппарата оптимизационных задач не может служить принципиальным доводом в пользу их применимости для описания конкретных ситуаций.

ПОДХОД СТРУКТУРНОГО ПОДОБИЯ

Взятые по отдельности идеи структурного подобия не новы в теории и практике моделирования. Однако исследования, которые можно интерпретировать как проявление данного подхода, находятся в тесной связи с исследованиями, основанными на иных методологических установках. Предпосылки исследований обычно не приводят в явной форме, и это затрудняет их анализ. Целью последующего изложения является изучение подхода структурного подобия как единой системы взаимосвязанных и взаимообусловленных положений.

МЕТОД СТРУКТУРНОГО ПОДОБИЯ

Основной принцип. Рассматриваемый подход основан на принципе структурного подобия, состоящем в том, что в модели следует воспроизводить явления и процессы, имеющие место в прототипе, в той форме, в какой они наблюдаются исследователем. Данный принцип не призывает к копированию прототипа. В модель включаются только существенные черты, т. е. важные для самого прототипа, в его восприятии исследователем и для целей моделирования.

Затруднительно непосредственно установить связь структур формализованной модели и прототипа. Но обычно модель строится на основе содержательного описания прототипа, сохраняющего все его существенные для исследователя черты. Не всегда содержательное описание приводится целиком в явном виде, но так или иначе оно присутствует в ходе моделирования. В случае, когда объектом моделирования является процесс, такое описание иногда называют сценарием. Требование соответствия структур модели и прототипа следует понимать как соответствие структур формализованного описания модели тем структурам, которые имеются в содержательном описании прототипа.

Специфичность некоторых черт этого подхода приводит к постановке ряда проблем.

Проблема практичности. Установка на воспроизведение существенных черт прототипа, тождественная, по существу, основному принципу, на первый взгляд делает модели непрактичными, поскольку в них будет отсутствовать цель найти вариант с заданными свойствами, что является типичным заказом пользователей модели. Но это представление неверно. Выбор вариантов — это деятельность, очень часто выполняемая экономическими агентами, которую можно воспроизводить в моделях, пользуясь тем же принципом.

Применяемые на практике процедуры выбора часто ситуативны, используют большой объем вспомогательной информации и прошлый опыт. Поэтому они в конкретных случаях не обязательно сводятся к известным оптимизационным постановкам. В таких случаях приоритет должен быть отдан поиску модельных эквивалентов реально используемых процедур.

Рассмотрим два примера особенностей неоптимизационных процедур, применяемых на практике при выборе решения. Первый: выбор состоит в последовательном просмотре альтернатив, при этом принимается первая приемлемая, после чего поиск прекращается. Оценка приемлемости тоньше, чем сравнение по критериям, так как может не порождать упорядоченности альтернатив. Второй: в используемых практически процедурах выбора нередко в качестве «параметра» фигурирует легкость применимости данной процедуры. Например, если слишком быстро по отношению к априорным ожиданиям будет найдено некоторое приемлемое решение, то представление о приемлемости ужесточится и поиск продолжится.

Проблема тривиальности моделей. Перенос акцента моделирования с формального аппарата на выявление и воспроизведение существенных сторон прототипа, использование сценариев, близких к описаниям на профессиональном жаргоне, могут создать впечатление теоретического обеднения моделирования, уменьшения его строгости и глубины. Возникает представление об опасности «тривиализации» моделей. Но такое мнение поверхностно. Нетривиальность в подходе структурного подобия проявляется не в формальном аппарате, а в выборе существенных факторов и методов описания их взаимосвязей. Причем здесь должны рассматриваться не только связи типа «цель—средство» или «причина—следствие», но и «сущность—явление». «При анализе экономических форм нельзя пользоваться ни микроскопом, ни химическими реактивами. То и другое должна заменить сила абстракции» [1, т. 23, с. 6].

Представляется, что сущности экономической реальности связаны, хотя не обязательно совпадают, с «инерционным ядром экономики», т. е. совокупностью явлений и процессов, медленно изменяющихся и влияющих на все стороны экономической жизни. К числу таких явлений (процессов) следует относить, в частности, технологические и организационные структуры, экономическое мышление и традиции, историю становления текущего состояния.

Проблема неуниверсальности формализмов. Принцип

структурного подобия требует максимального учета особенностей прототипа при создании моделей. Отсюда следует, что используемый в таких случаях аппарат не может быть частным случаем универсального формализма, а должен выбираться *ad hoc*. Такая тенденция присуща не только подходу структурного подобия; например, для эконометрического подхода она развивается в [10]. Но именно для рассматриваемого подхода отказ от универсальности используемых формализмов оказывается внутренне присущей чертой. Возможны ситуации, когда отсутствует аппарат, адекватно формализующий содержательные представления о прототипе. В рамках подхода структурного подобия такое положение не является поводом для отказа от его применимости. Способ преодоления возникающей проблемы — в создании новых формализмов *ad hoc*. Одна из схем действий с целью построения таких формализмов состоит в следующем. Исходным объектом является содержательное описание прототипа. Придается однозначный смысл всем терминам, входящим в содержательное описание, и значения этих терминов определяются формально без обращения к прототипу. Затем выделяется множество контекстов, в которых фигурируют термины, и их значения определяются только с помощью введенных ранее терминов. Содержательное описание переписывается таким образом, чтобы в нем правильным образом фигурировали только определенные формально термины и контексты. Полученный объект вместе с системой всех определений является формализмом, порожденным данным содержательным описанием. Эта схема может быть уточнена и расширена, но достаточно того, что она демонстрирует здесь принципиальную возможность построения специализированных формализмов для отдельных моделей.

Возможные формализмы. Требование того, чтобы модель воспроизводила структуру прототипа, накладывает условия на характер формализмов, используемых при моделировании. Такие формализмы должны легко соотноситься с содержательным описанием моделируемых экономических систем, имея конечной целью совершенствования не только внутреннюю логичность и полноту, но и наглядность — такую, что факт формальности описания должен стать неопределимым из него самого. Такая тенденция развития формальных средств моделирования не к усложнению, а к наглядности, естественности четко проявляется, например, для языков моделирования. Специфичность формализмов, удобных для применения в рамках подхода структурного подобия, позволяет заключить, что основным их источником

должна стать не столько чистая математика, сколько новые бурно развивающиеся формализованные науки computer science и теория искусственного интеллекта. В число хорошо известных методов, которые следует относить к рассматриваемому подходу, входят имитация и построение диалоговых систем [3].

Методы теории искусственного интеллекта. Теория искусственного интеллекта изучает формальные аспекты процедур решения задач, относимых к разряду содержательных (обработка данных на естественном языке, распознавание образов, доказательство теорем и т. д.). В силу самого обращения к исследованию содержательных мыслительных процедур теория искусственного интеллекта является естественным инструментом для экономического моделирования в рамках подхода структурного подобия. Представляется, например, перспективным моделирование поведения экономических агентов с учетом логики рассуждений во всей ее полноте [4], а не только на основе количественно определенных целей. Одним из важнейших направлений теории искусственного интеллекта является представление знаний, в котором широко применяется категория «фрейм». Фрейм, описывающий некоторое понятие, является структурой, определенным образом содержащей имена других понятий, имена связей между ними и, возможно, ссылки на типовые процедуры, выполняемые в связи с использованием исходного понятия [13]. Применение методов представления знаний может быть чрезвычайно продуктивно для экономического моделирования, так как позволит формализовать категории, описывающие экономическую реальность не в числовой форме, часто приводящей к искусственным упрощениям, а в формах, учитывающих многообразие исходной ситуации.

Неколичественная формализация понятий содержательного описания прототипа. Использование новых типов формализмов для моделирования в подходе структурного подобия позволяет отойти от устоявшейся в других подходах практики преобразования в ходе построения моделей понятий в количественную форму, когда каждое новое понятие, подлежащее включению в модель, автоматически рассматривается как число (показатель) и расхождения ограничиваются только тем, как вычислять значения данного показателя. Использование идей теории представления знаний приводит к осознанию того, что понятие может формализовываться в виде структуры, возможно включающей и числа, но позволяющей учитывать ситуативность рассмотрения за

счет введения в структуру дополнительных факторов, условий их применимости и т. д.

Другой альтернативой формализации понятий в количественном виде является использование для этой цели алгоритмов. Так, многие экономические понятия можно рассматривать не как задающие состояния, описываемые количественными показателями, а как процессы достижения или поддержания соответствующих состояний. Например, так можно уточнять понятия «сбалансированность», «согласованность», «реализуемость» (по отношению к планам). Данное представление о понятиях можно формализовывать в виде алгоритмов, воспроизводящих существенные черты соответствующих процессов. Количественная форма понятий, используемых при моделировании, в других подходах нужна для двух целей: выполнения над ними преобразований и сравнения их по величине. Для алгоритмов, формализующих понятия некоторого содержательного описания, могут быть введены с учетом специфики рассматриваемой области операции над ними и методы сравнения результатов их применения. Поэтому по формальным возможностям задание в виде алгоритмов не беднее количественного задания понятий, с той лишь разницей, что действия над алгоритмами должны определяться в каждом конкретном случае по-своему, а операции над числами универсальны. Но эта сложность в конкретных ситуациях может компенсироваться большой гибкостью.

Технические возможности при реализации методов подхода структурного подобия. Рассмотренные выше положения могут вызывать возражения в связи со сложностью их реализации. Описание понятий числами, может [быть, не очень адекватно, но число легко запомнить и с ним легко работать, а если понятие представляется сложной структурой или алгоритмом, то лишь немногие будут пользоваться столь сложными объектами. Аналогичные проблемы сложности возникают при попытке непосредственной практической реализации других идей, относимых здесь к подходу структурного подобия. Но эти трудности будут во всевозрастающей степени смягчаться при распространении и качественном совершенствовании вычислительной техники. Во-первых, ожидаемое широкое внедрение персональных компьютеров (продажа которых уже сейчас измеряется во всем мире миллионами штук в год) позволит переложить на ЭВМ все виды обработки информации. В таких условиях нет необходимости упрощать средства описания экономических систем из-за их возможной громоздкости. Во-вторых, развитие

методов построения экспертных систем (в рамках теории искусственного интеллекта) [5], использующих представление знаний о предметной области, делает возможным применение готовых разработок. В результате рассматриваемый подход станет более доступным. В-третьих, внедрение ЭВМ пятого поколения [14], обладающих встроенными интеллектуальными возможностями, значительно упростит применение методов теории искусственного интеллекта. Появление таких ЭВМ ожидается в 90-х годах. Хотя отмеченные факторы имеют характер тенденций, учет их возможного влияния на экономическое моделирование актуален уже сейчас. Более того, имеется немало программных средств, облегчающих создание имитационных моделей и диалоговых систем — методов, которые здесь рассматриваются как составляющие подхода структурного подобия. Таким образом, распространение данного подхода будет зависеть не только от теоретических построений, но и от разработки средств машинной обработки нечисловой экономической информации.

ПОВЕДЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АГЕНТА: УРОВНИ РАЦИОНАЛЬНОСТИ

Для подхода структурного подобия цель рассмотрения экономического агента состоит в нахождении всех (пусть, может быть, противоречивых) аспектов его поведения, существенных для конкретных задач моделирования экономических систем. Представляется полезным для этой цели выделить четыре уровня поведения экономических агентов по отношению к хорошо известному рациональному.

Чистая рациональность. Совершенно рационально выбираются цели и для их достижения используются только рационально выбранные средства. Пример: цель — максимизация прибыли, средство — сокращение транспортных издержек путем выбора оптимального маршрута. Такие задачи — естественный полигон для применения оптимизационных методов.

Псевдорациональность. Цели выглядят рациональными, но фактически являются содержательными, поэтому средства для их достижения не могут быть полностью рациональными (какими они порой кажутся) и зависят от иррациональных факторов. Пример: цель — укрепить стабильность предприятия, средство — повышение престижа путем выпуска более совершенной продукции. В таких задачах результат оптимизации может служить в лучшем случае рекомендацией для

решения частных вопросов; могли бы быть полезны другие формализации.

Субрациональность. Рациональность ограничена в силу тех или иных причин. При этом ограничение рациональности может признаваться, но оцениваться как нежелательное. Пример: цель — выбор лучшего варианта при невозможности нахождения его за допустимое время или с помощью имеющихся ресурсов, средство — эвристические процедуры, ситуативные решения и т. п.

Внерациональность. Поведение оказывается нерациональным (нормативным, эмоциональным и т. д.). Отказ от рациональности может происходить как осознанно, в силу понимания ее недостаточности, так и неосознанно. Пример: поведение покупателя, в частности выбор модной одежды. Для моделирования таких явлений была бы полезна разработка новых формализмов, учитывающих качественные содержательные факторы.

Факт наличия разных уровней рациональности поведения объясняет естественность нерациональных средств помощи экономическим агентам, выступающим в роли ЛПР. К их числу можно отнести методы практической психологии, например тренинг-группы [9] и умение решать проблемы, рассматриваемое не как наука, а как искусство [2]. В обоих случаях вырабатываются не знания, а навык, интуиция, опыт.

ИНТЕГРИРОВАННОЕ РАССМОТРЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В соответствии с принципом совместимости описаний при рассмотрении функционирования экономических систем в рамках подхода структурного подобия появляется возможность учета разноплановых понятий, т. е. относящихся к разным целостным классам явлений, связанных с функционированием. Выделяется два основных типа разноплановости: разноуровневость, описывающая свойства системы, рассматриваемой в статике, и разнонаправленность, описывающая динамику системы, вид протекающих в ней процессов. Разнонаправленность не означает противоположности (в каком-либо смысле) рассматриваемых явлений и процессов, а указывает лишь на наличие некоторых расхождений между ними. Использование разноплановых понятий может помочь в моделировании явлений, связанных с экономическими противоречиями [7].

Термин «интегрированное рассмотрение» используется для указания на использование в одной модели разноплановых понятий.

Разноуровневость. Для выделения разноуровневости определенного типа достаточно указать признак, по которому происходит выделение, и крайние уровни (количество промежуточных уровней может быть различным). Основные типы разноуровневости определяются следующими признаками: территориальный (локальное—глобальное), управленческий (вышестоящее—нижестоящее), временный (краткосрочное—долгосрочное). Целью совместного моделирования разноуровневых понятий является анализ их согласованности. Согласованность при этом описывается не как состояние, а как процесс, осуществляемый и воспроизводимый некоторым экономическим механизмом, и результат этого процесса.

Разнонаправленность. Диалектика экономической жизни проявляется, в частности, в наличии в одном явлении разнонаправленных процессов, тенденций, на первый взгляд противоречащих друг другу. Их раздельное рассмотрение и моделирование не всегда целесообразно из-за их связи и взаимообусловленности. Для указания такого процесса достаточно ссылки на механизм его реализации. Примером могут служить процессы, связанные с централизованным планированием, с одной стороны, и порожденные экономической самостоятельностью хозяйственных единиц — с другой.

Еще одним примером разнонаправленности служат процессы, порожденные принятыми экономическими нормами, и процессы, связанные с проведением экономических экспериментов. Более частный пример разнонаправленных процессов дает деятельность по удовлетворению существующих потребностей и противоположно направленная деятельность по формированию спроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23.
2. Акофф Р. Искусство решения проблем. М.: Мир, 1982. 219 с.
3. Имитационное моделирование экономических систем. М.: Наука, 1978. 221 с.
4. Вопросы кибернетики: Логика рассуждений и ее моделирование. М.: Науч. совет по комплекс. пробл. «Кибернетика» АН СССР, 1983. 180 с.
5. Геловани В. А., Ковригин О. В., Смольянинов Н. Д. Методологические вопросы построения экспертных интеллектуальных систем. — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, 1983, с. 254—278.

6. Данилов-Данильян В. И., Толмачев И. Л., Шуриалов В. В. Об имитационном моделировании систем с развивающейся структурой.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 191—209.
7. Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А. О методологических принципах совершенствования управления народным хозяйством — Экономика и мат. методы, 1980, № 4, с. 642—659.
8. Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А. Основные принципы оптимизационного подхода и возможности его реализации.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, 1983, с. 172—196.
9. Ковальчук М. А., Петровская Л. А. Проблема группового тренинга в зарубежной психологии.— Вопр. психологии, 1982, № 2, с. 140—146.
10. Лимер Э. Статистический анализ неэкспериментальных данных: Выбор формы связи. М.: Финансы и статистика, 1983. 381 с.
11. Наумова Н. Ф. Целеполагание как системный процесс. М.: ВНИИСИ, 1982. 65 с.
12. Поспелов Ф. А., Пушкин В. Н. Мышление и автоматы. М.: Сов. радио, 1972. 224 с.
13. Уинстон П. Г. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1980. 519 с.
14. ЭВМ пятого поколения: концепции, проблемы, перспективы. М.: Финансы и статистика, 1984. 110 с.
15. Ackoff R. The future of operational research is past.— J. Operational Research Society, 1979, vol. 30, N 2, p. 93—104.
16. Simon H. A. Administrative behavior. N. Y.: Free Press, 1976, 364 p.

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

В. М. ЛЕЙБИН

Обращение ученых, специализирующихся в области системных исследований, к проблеме человека не является эпизодическим вторжением в чужеродную сферу, не имеющую ничего общего с их научными интересами. В этом нет ничего неожиданного, если учесть, что в процессе своей теоретической и практической деятельности, направленной на решение вполне определенных задач, возникающих в конкретных сферах научных исследований, ученые рано или поздно обращаются к осмыслению проблемы человека. Как говорил Гёте, истинное познание человечества заключается в познании человека. Поэтому интерес ряда ученых к психологическим вопросам, к проблематике человеческой природы отнюдь не случаен. Он свидетельствует о гуманистической направленности их мышления.

Разумеется, сама по себе апелляция к проблеме человека не является залогом гуманистического подхода к системным исследованиям. Она может осуществляться с технократических, сциентистских позиций, когда не только научные разработки, но и сам человек трактуется в антигуманном плане. Важно, следовательно, осознание того, как и в каком духе понимаются ученым природа, движущие силы, мотивы поведения и внутренняя организация человеческого существа. Рассмотрение этих аспектов немыслимо вне раскрытия общей концепции человека, которая в явной или скрытой форме имеет место у любого ученого. У одного из инициаторов создания общей теории системы, Людвиг фон Берталанфи (1901—1972), например, она выступает в явной форме. Речь идет именно о концепции, а не о разрозненных представлениях о человеке, высказанных в свое время Берталанфи в печати. Дело в том, что в своих исследованиях он отталкивался от вполне определенных концептуальных построений, свидетельствующих не только о его специфическом видении человека, но и о ценностных ориентациях, основанных на «образе человека», предложенном Берталанфи в качестве исходной методологической и эвристической установки, используемой им при создании общей теории систем. Берталанфи обычно предстает перед исследователями в образе сциентистски ориентированного ученого, все-

цело полагавшегося на естественнонаучное знание, почерпнутое из области биологии, кибернетики и других наук. Его антропологические идеи практически остаются вне поля зрения специалистов, работающих в сфере системных исследований. В лучшем случае упоминаются некоторые работы Берталанфи, посвященные рассмотрению различных аспектов проблемы человека.

Между тем проблематика человека занимает одно из центральных мест во многих исследованиях Берталанфи. Это наиболее наглядно проявляется в тех его работах, где объектом осмысления становятся психологические, а отчасти и психиатрические проблемы. Однако этот пласт теоретического наследия Берталанфи до сих пор не стал предметом обстоятельного изучения и широкого обсуждения. Поэтому в рамках рассматриваемой темы имеет смысл более подробно остановиться на раскрытии содержания и сути системно-символической концепции человека, выдвинутой Берталанфи.

* * *

Успехи в сфере естествознания и в области кибернетики в середине XX столетия способствовали распространению на Западе представлений о человеке как объекте, исследование которого возможно средствами и методами, используемыми при изучении любых предметов природы. Еще в XVIII в. французский философ Ламетри в известной работе «Человек — машина» назвал людей «ползающими в вертикальном положении машинами» [4, с. 220]. Разумеется, в свете данных кибернетики, физиологии, биологии и медицины трактовка человека, предложенная Ламетри, претерпела определенные изменения. В качестве основной концепции во многих науках, включая психологию, стала использоваться модель человека как робота. Тем не менее образ машины, выступающий в кибернетическом одеянии робота, оказался доминирующим в научном мышлении о человеке.

Обратившись к человеческой проблематике, Берталанфи критически отнесся к модели робота, используемой в трактовке человека. Оценивая подобный подход к человеческому существу как позитивистский, механицистский и редукционистский, он выступил против понимания человека как машины, которая может быть запрограммирована на определенные действия, и поведения людей как реакции организма на стимулы, задаваемые извне. Тем самым Берталанфи отверг, как гуманистически неприемлемые, теории бихевиористского и психоаналитического толка. С точки зрения Бер-

таланфи, подобные психологические теории не только не дают научного объяснения природы человека как уникального существа, но скорее способствуют его превращению действительно в машину, послушный автомат, подчиненный логике «денежной философии» и функционирующий в соответствии с искусственно навязанными потребительскими ориентациями в «кибернетическом обществе». Сама психология превращается в одно из эффективных средств манипуляции человеком, а с помощью различного рода психологических приемов осуществляется дегуманизация людей. Согласно Берталанфи, человек в значительной степени уже стал «умственно недоразвитым нажимателем кнопок или обученным идиотом, т. е. высококвалифицированным в своей специальности, но во всех других отношениях представляющим собой лишь часть машины» [2, с. 34]. Таковы результаты понимания человека как модели робота.

Особенно остро Берталанфи критикует скиннеровскую концепцию человека и тот зооморфический подход, который в 50-х годах получил распространение в американской психологии. Как известно, увлечение ряда психологов исследованием поведения крыс проходило под знаком борьбы против антропоморфической тенденции, в соответствии с которой животные наделялись человеческими характеристиками. Берталанфи выступает против подобного «антропоморфического заблуждения». Но еще большую опасность он видит в возникновении и усилении «зооморфического заблуждения», когда стираются всякие различия между животным и человеком. Это «зооморфическое заблуждение» стало питательной почвой для «крысоморфического» взгляда на человека, свойственного работам Скиннера и его последователей, рассматривающих поведение человеческого существа по аналогии с поведением крыс. Опасность подобного подхода к человеку заключается в том, что психологическая схема «стимул—реакция», используемая при изучении животных, автоматически переносится на людей с целью формирования психологических механизмов манипулирования ими. Оправдывая такой взгляд на человека, некоторые западные теоретики пытаются доказать, что манипулирование людьми, осуществляемое с помощью научных методов психологии, идет только на пользу самим людям, удовлетворяющим определенным образом навязанные извне потребности и, следовательно, обретающим счастье и покой. Однако реальная практика в странах западного мира убедительно свидетельствует о том, что в «обществе изобилия» с его «научными» принципами манипулирования людьми буквально во всех

сферах жизни не только не наступает «состояние блаженства», никогда не достигаемое в условиях бедности, но, напротив, имеет место беспрецедентное увеличение психических заболеваний, уровня преступности, самоубийств, т. е. тех симптомов, в соответствии с которыми общество может быть охарактеризовано как «больное» [10, с. 17].

Таким образом, выступая против распространенного в американской психологии 50-х годов антигуманного взгляда на человека, Берталанфи тем самым критически относится к дегуманизирующей тенденции как в самой психологии, так и в общественной жизни стран Запада. В этом отношении он разделяет исходные установки тех западных психологов и философов, которые в то время подвергли решительной критике дегуманизацию человека в «большом обществе». В частности, аналогичные идеи, правда в более острой форме и в развернутом содержательном изложении, были высказаны Э. Фроммом, посвятившим данной проблематике несколько своих значительных работ, в которых специально ставился вопрос о причинах дегуманизации человека и возможных путях лечения «больного общества». Опираясь на биологические концепции, Берталанфи не исследует социальные и психологические аспекты, связанные с дегуманизацией людей в западном мире. Рассмотрение этой проблемы осуществляется им под иным углом зрения. Он считает, что дегуманизирующие тенденции в психологии и общественной жизни являются прямым результатом распространения «крысоморфического» взгляда на человека. Отсюда Берталанфи делает логический вывод: необходима новая концепция человека, ведущая к торжеству гуманистического отношения к жизни. Старый образ человеческого существа, по сути дела, антигуманен. Если ученые и политические лидеры не видят в человеке ничего иного, кроме «заросшей крысы», то, замечает Берталанфи, следует бить тревогу, ибо в противном случае процесс дегуманизации может оказаться необратимым. Образ человека, следовательно, вовсе не теоретический вопрос, как полагают некоторые исследователи. Для Берталанфи — это «вопрос сохранения человека как человека» [10, с. 17].

Берталанфи не был одинок в своем неприятии «крысоморфического» взгляда на человека. Ряд западных психологов того периода высказали свое отрицательное отношение к бихевиоризму, скиннеризму и другим психологическим направлениям, приверженцы которых апеллировали к «модели робота». Такие психологи, как Г. Олпорт, А. Маслоу, Ж. Пиаже и др., выдвинули новые концепции человека, в

которых в противоположность ранее распространенным схемам «стимул — реакция» акцент делался на саморазвитии человеческого существа. Некоторые психологи стали рассматривать человека как систему. Причем если бихевиористы исследовали способности человеческого организма к определенным изменениям, осуществляемым в результате внешних воздействий, то новые психологические концепции основывались на представлениях о человеке как активной системе, развивающейся изнутри.

Обращаясь к психологической проблематике, Берта LANFI с удовлетворением отмечает, что те системные идеи, которые им были высказаны еще в 30-х годах в сфере биологии, двумя десятилетиями позже стали созвучны некоторым концепциям, разрабатываемым в психологии. Одной из таких идей оказалась идея «имманентной активности психофизического организма». Именно она легла в основу его теории «организма как открытой системы» [12, с. 36]. Представление о человеке как активной системе личности, отстаиваемое некоторыми психологами, лишь воспроизводит мысль Берта LANFI, согласно которой живой организм является внутренне активной системой. Живой организм активен даже при отсутствии внешних стимулов. Это означает, как считает Берта LANFI, что активность поведения филогенетически и онтогенетически предшествует реактивным механизмам организма, которые выполняют не первичные, а вторичные регулятивные функции. В конечном счете в основу нового видения человека у Берта LANFI кладется понятие о психофизическом организме как системе, внутренне активной и открытой к миру. Но это лишь один аспект того нового образа человека, который предлагается Берта LANFI. Другой, не менее важный аспект заключается в признании символической деятельности как основы собственно человеческого поведения. Понятия о системе и символизме выступают у Берта LANFI в качестве наиболее значимых эвристических принципов, позволяющих, по его мнению, раскрыть подлинную природу человека. Новая психология должна покоиться на этих принципах исследования, которые в своем органическом единстве обеспечивают, как считает Берта LANFI, гуманистическое понимание человека. Во всяком случае, он исходит из того, что символизм и система являются «ключевыми словами новой психологии» [10, с. 18].

Как известно, многие мыслители прошлого пытались выявить, что же радикальным образом отличает человека от животных. Большинство из них считали, что человек

является разумным, рациональным существом. Его разум и рациональность рассматривались в качестве специфических характеристик, выделяющих человека из мира животных. Однако, замечает Берталанфи, следует поставить вопрос о том, действительно ли человек является разумным, рациональным существом. В начале XX в. Фрейд показал, что поведение человека предопределяется отнюдь не разумом, а бессознательными влечениями. Впрочем, нет даже необходимости обращаться к фрейдовским доказательствам неразумности человека, ибо это со всей очевидностью вытекает из истории развития человечества. Не подлежит сомнению лишь одно, а именно то, что человек, согласно Берталанфи, является «символическим животным». Человеческое существо создает и использует символы. Эта способность к символической деятельности может быть рассмотрена как наиболее значимая характеристика человека. Без этой уникальной способности человек не может стать подлинным человеком, и поэтому основным фактором антропогенеза, как считает Берталанфи, является «эволюция символизма». Более того, можно сказать, что человек живет в мире не вещей, а символов. Он живет в символическом мире языка и мышления, науки и религии, социальных институтов и искусства, и, следовательно, «объективный мир вокруг него, от тривиального окружения до книг, автомобилей, городов и бомб, является не чем иным, как материализацией символической деятельности» [10, с. 22].

Отметим, что подобное понимание человека разделяется в настоящее время рядом западных теоретиков. Некоторые из них даже приходят к выводу, согласно которому «*Homo symbolicus* свергает с престола *Homo sapiens*» [18, с. 11]. Однако было бы неправильно говорить о том, что пальма первенства в трактовке человека как «символического животного» принадлежит Берталанфи. Задолго до него исследователи обращали внимание на символическую деятельность человека. Сам Берталанфи ссылается на немецкого философа Э. Кассирера, швейцарского психиатра К. Г. Юнга и других теоретиков, которые апеллировали к символизму. И это действительно так, поскольку, например, в 20-х годах Кассирер опубликовал три тома «Философии символических форм», где подробно обсуждал проблемы символической деятельности. Именно ему принадлежит высказывание о том, что вместо определения человека как «рационального животного», его следует определять как «символическое животное» [13, с. 26]. К символической деятельности обращался и Юнг, считавший, что история развития человеческой ци-

визации показывает фундаментальное значение символов в жизни людей и что образование символов является функцией, «весьма важной в биологическом отношении» [9, с. 225].

Предлагая новый образ человека, Бертоланфи обращается к тем психологическим теориям, в которых в той или иной форме находила отражение символическая проблематика. Естественно, что в этом отношении он не мог не обратить внимания на психоанализ. В самом деле, в центре психоаналитического учения Фрейда о человеке находилась символика. Рассматриваемое в качестве основы человеческой деятельности бессознательное всегда соотносилось с определенной символикой, понимаемой с точки зрения маскировки сексуальных желаний человека. По выражению самих психоаналитиков, символическое изображение служит бессознательным стремлениям, и его подлинная цель заключается в том, чтобы все отталкивающее и постыдное для индивида «провести контрабандою в замаскированной форме в сознание» [7, с. 32]. Психоаналитическое понимание человека, таким образом, во многом исходило из признания того, что бессознательное пользуется символикой, аналогичной той, которая имеет место в мифах и сказках. С помощью различных психоаналитических процедур Фрейд стремился подробно исследовать бессознательную символику. Его последователи подчеркивали важность этого аспекта человеческой деятельности, полагая, что изученная Фрейдом символика «заложена в каждом человеке и испокон веков коренится во всем человечестве» [1, с. 23].

Обратив внимание на психоанализ как учение, в котором сделана попытка раскрыть символику бессознательного, Бертоланфи ставит вопрос о том, насколько правомерно говорить о психоаналитических символах. Ведь какие бы бессознательные процессы ни рассматривались Фрейдом, вся символика так или иначе сводится к сексуальности. Любой психический акт может быть интерпретирован как сексуальный символ, причем выявляемый будто бы на основе метода «свободных ассоциаций», когда пациенту предоставляется возможность говорить о чем угодно. В действительности же, считает Бертоланфи, ассоциации человека являются лишь материалом для символов, но не самими символами, т. е. фактически символ не может быть редуцирован к ассоциации. Это означает, что психоаналитически понимаемый символ на самом деле является как бы «до-символом», связанным с «пред-символической» деятельностью.

Критика Бертоланфи специфически понимаемого символа в психоанализе не лишена оснований. Действительно, фрей-

довская апелляция к «свободным ассоциациям» оказывается двусмысленной. С одной стороны, психоаналитическое раскрытие символики основывается на осмыслении содержания речевого потока пациента, выражаемого им как бы свободно и произвольно, с другой — все психические процессы рассматриваются как строго детерминированные, подчиненные логике бессознательного. При этом сексуальность выступает в качестве главной детерминанты, обуславливающей протекание психических процессов. Поскольку в психоанализе речь идет в основном о вытесненном бессознательном [5], то его символика оказывается заранее предопределенной, сведенной к обнаружению симптомов, за которыми стоят сексуальные символы. Независимо от характера протекания психических процессов эти символы являются, по существу, не чем иным, как знаками, неизменно имеющими одно и то же толкование. Не случайно сам Фрейд рассматривает симптомы болезней «как знаки воспоминаний» [8, с. 154].

Последователи Фрейда нередко обращали внимание на эту странность психоаналитического понимания символов, когда фактически наблюдалось отождествление символического и семиотического. Юнг одним из первых подверг критике фрейдовский подход к осмыслению символики бессознательного с ее сексуальным подтекстом. Его критика сводилась к тому, что, оперируя сексуальными символами, Фрейд, по сути дела, рассматривает знаки, симптомы психических процессов, не касаясь подлинной символики. По мнению Юнга, фрейдовское понимание продуктов бессознательного осуществляется не с точки зрения символического их выражения, а семиотически. Более того, согласно Юнгу, семиотическая интерпретация становится бессмысленной, когда она игнорирует реальную природу символа и рассматривает его просто как знак. Поэтому в отличие от Фрейда он всячески стремится подчеркнуть именно символическую, а не семиотическую природу бессознательного, принимая во внимание значимость реального символа, а не знака [17, с. 46] и говоря о том, что символ всегда возникает из «архаических осадков» или отпечатков, уходящих своими корнями в историю человеческого рода [9, с. 226].

Как и Юнг, Берталанфи критически переосмысливает психоаналитическое понимание символа. Обоим им свойственно неприятие сексуальной трактовки символики бессознательного, имевшей место у Фрейда. Вместе с тем теоретическая позиция Берталанфи по этому вопросу заметно расходится с юнговским толкованием природы символа. Если

Юнг стремится провести различия между символами и знаками, считая, что символические и семиотические значения — это разные вещи, не сводимые друг к другу, то Берталанфи абстрагируется от рассмотрения данной проблематики. Он не только не проводит каких-либо различий между символическим и семиотическим, но, напротив, неоднократно подчеркивает, что «символы являются знаками» [12, с. 1]. Однако главное различие между позициями Юнга и Берталанфи состоит в другом, а именно в том, что первый настаивал на архаической природе символизма, а второй выступал против подобной точки зрения.

Критикуя понятие символизма как «архаического способа мышления», Берталанфи не обращается непосредственно к исследованиям Юнга. Скорее он как бы продолжает свой спор с психоаналитической трактовкой символов, сводящей все к сексуальности. При этом Берталанфи замечает, что символизм как архаика противоречит обычному пониманию символики. Если символизм — это «архаический способ мышления», то, например, музыка Бетховена или скульптуры Микеланджело неизбежно рассматриваются как «архаические продукты», что, по убеждению Берталанфи, является абсурдным [12, с. 66]. Поэтому, отвергая сексуальный редукционизм Фрейда, Берталанфи в то же время выступает против архаического понимания природы символизма, против сведения символов к «архетипам» и образам, представляющим собой унаследованные, раз и навсегда заданные схемы мышления и поведения, что было предметом исследования Юнга с его акцентом на «коллективном бессознательном».

В критике Берталанфи психоаналитической трактовки символизма, несомненно, есть резон. Вместе с тем обращает на себя внимание то обстоятельство, что Берталанфи апеллирует, по его собственным словам, к «обычному» пониманию символов. Это «обычное» понимание оказывается не чем иным, как признанием важности символической деятельности человека. При этом фактически снимается вопрос о том, что исследователи постоянно сталкиваются с много-смысловым употреблением термина «символ». Дело в том, что в настоящее время данный термин потерял, как справедливо замечает А. Ф. Лосев, «всякое ясное содержание» [6, с. 439]. Отсюда различного рода двусмысленности в толковании понятия «символ». Поэтому, обращаясь к символической проблематике, важно четко определить то значение, которое придается данному понятию в контексте исследования. Апелляция к «обычному» пониманию символа, как это имеет место

у Берталанфи, отнюдь не снимает саму проблему, связанную с раскрытием природы символической деятельности человека.

Не углубляясь в терминологические нюансы, связанные с трактовкой символического и семиотического, Берталанфи исходит из того, что символы являются знаками, которые, во-первых, свободно создаются, во-вторых, представляют некоторое содержание и, в-третьих, передаются из поколения в поколение благодаря существующей традиции [10, с. 25; 12, с. 44]. Это три основных критерия, с помощью которых можно, по его убеждению, провести различия между поведением человека и животного. Такой подход к пониманию символов не мотивирован какими-либо философскими, теологическими или метафизическими соображениями, а покоится на биологической точке зрения. Причем Берталанфи всячески стремится подчеркнуть, что его понимание человека как «символического животного» вытекает из сферы биологии. То, что аналогичный взгляд на природу человека встречается у философов, в частности у Кассирера, лишь свидетельствует, по Берталанфи, о правомерности и истинности того подхода к изучению человека, который им был выбран в процессе своих научных исследований.

Каковы же содержательные критерии символизма, предлагаемые Берталанфи? Прежде всего символы «свободно создаются» самим человеком. Это, согласно Берталанфи, означает, что нет биологически навязанной связи между знаком и обозначаемой вещью. В случае обусловленных реакций организма наблюдаемая связь между сигналом и определенной вещью устанавливается извне, например экспериментатором, когда у собаки происходит выделение слюны при звуке колокольчика. В противоположность этому нет биологической связи между, скажем, словом «отец», «мать» и личностью, обозначаемой этим словом. Правда, считает Берталанфи, это вовсе не значит, что символ не имеет ничего общего с оригиналом, а его выбор оказывается произвольным. Выбор символов детерминирован психологическими принципами, которые, к сожалению, еще недостаточно изучены. Главное же заключается в том, что связь между символом и объектом не является биологически заданной извне, она устанавливается благодаря «творческому акту» (придания определенного значения или смысла слову, стоящему за данной вещью).

Второй критерий определения символов связан с концепцией языка. Обычно язык что-то выражает. Однако в этом нет ничего собственно человеческого. Так, пение птиц слу-

жит /выражением определенного физиологического состояния. Те или иные звуки могут рассматриваться, например, как предупреждение об опасности. Но этот «язык» не служит обозначением конкретной вещи. В отличие от него собственно человеческий язык, или символизм в широком смысле этого слова, является «репрезентативным», указывающим на содержание обозначаемого. Репрезентативность, в понимании Берталанфи, важная характеристика и лингвистических символов. Флаги и лозунги, например, выражают некую политическую сущность. Стало быть, именно репрезентативность, представление определенного содержания выступают в качестве одного из важных критериев символизма.

И наконец, символизм и собственно человеческий язык характеризуются тем, что они могут передаваться от поколения к поколению благодаря обучению и традиции. Этот критерий представляется Берталанфи важным с точки зрения установления различий между человеческой речью и языком животных. Животные обладают своим специфическим «языком», который является врожденным и инстинктивным. Но о нем нельзя сказать, считает Берталанфи, что он передается по наследству благодаря обучению. Так, можно научить собаку всяким трюкам, но нет очевидных данных, свидетельствующих о том, что данная собака сможет обучить своих потомков этим же трюкам. Даже если признать, что некоторые элементы традиции могут иметь место в поведении животных, то и в этом случае собственно человеческая деятельность отличается специфическими характеристиками, соотношенными со способностью человека придавать смысл тем объектам, с которыми он имеет дело.

Как видим, раскрытие природы символической деятельности человека осуществляется Берталанфи прежде всего под углом зрения выявления различий между поведением животных и людей. Все выделенные им критерии определения символов служат этой цели. Однако взятые сами по себе, эти критерии вряд ли могут быть надежным ориентиром, позволяющим говорить о специфике собственно человеческого поведения. Не случайно Берталанфи признает, что в той или иной степени выделенные им критерии оказываются применимыми и для характеристики поведения животных. Особенно это касается проблемы «языка» на дочеловеческом уровне. Вместе с тем специфика символической деятельности человека усматривается Берталанфи в том, что на собственно человеческом уровне эти три критерия действуют как бы одновременно, в то время как поведение животных может определяться каким-то одним критерием. Нельзя сказать,

что таким образом было найдено единственно верное решение, проясняющее суть человеческой символики. Вопрос о связях между дочеловеческим и человеческим уровнями организации живого, о взаимоотношениях между биологическими и психологическими факторами, предопределяющими поведение людей, оставался открытым, ибо далеко не все можно было объяснить исходя из биологической точки зрения. Повидимому, Берталанфи это осознавал. Во всяком случае, признавая эвристическую ценность выделенных им критериев символизма, он тем не менее не ограничился рассмотрением их содержательных аспектов, а попытался раскрыть специфику символов посредством выявления их существенных характеристик.

У Берталанфи нет какой-либо строгой классификации символов, дающей полное представление о его понимании различных сторон символической деятельности человека. Тем не менее он проводит некоторые различия между символическими системами и говорит о тех последствиях, которые имеют место в результате возникновения символического мира. Все символы делятся им на дискурсивные и недискурсивные. Первые относятся к сфере языка в широком смысле этого слова, т. е. включают в себя не только естественный язык людей, но и технические языки, связанные с математическим описанием, машинными программами и т. д. Вторые примыкают к области мифологии, искусства, обычаев, ритуалов. Недискурсивные символы обладают особой природой, т. е. имеют свои уровни организации. В частности, они могут выражаться в виде таких экономических символов, как деньги, или в форме политических символов свободы, демократии, власти. На более высоком уровне недискурсивные символы выступают в качестве экзистенциальных и могут быть названы, по терминологии Берталанфи, «экзистенциальным символизмом» [12, с. 51]. Речь идет о сфере культуры с ее символами, имеющими место в искусстве, поэзии, музыке, морали. Основное отличие дискурсивных символов от недискурсивных состоит в том, что первые относятся к фактам, в то время как вторые — к ценностям.

Что касается последствий символической деятельности человека, то они, согласно Берталанфи, сводятся к следующему. Во-первых, филогенетическая эволюция, основанная на наследственных изменениях, вытесняется историей, покоящейся на традиции символов. Причем в отличие от биологической эволюции, протекающей чрезвычайно медленно, человеческая история развивается в ускоренном темпе. Можно говорить о том, что «биологическое» время является ариф-

метическим, а «историческое» или «культурное время» — логарифмическим. Во-вторых, практика «материальных» проб и ошибок, имеющая место на дочеловеческом уровне, заменяется рассуждением, т. е. пробами и ошибками, осуществляемыми в терминах концептуальных символов. Человек экспериментирует не столько с самими вещами, сколько с их символами. В-третьих, символизм предполагает целевую возможность, т. е. целенаправленность, выступающую в качестве уникальной характеристики человека. Цель, достигаемая в будущем, но существующая в мышлении, детерминирует реальное поведение людей. Она имеет символический образ. В-четвертых, символический мир, созданный человеком, обладает автономией, или своей собственной жизнью. Он развивается по своим законам, не сводимым к законам биологии, психологии или социологии. В некоторых случаях можно сформулировать законы эволюции символических систем. Однако во многих случаях это сделать невозможно. В-пятых, символическая деятельность человека привела к созданию счетно-вычислительных машин, ибо они являются материализацией алгоритма. Алгоритм же не что иное, как система символов, установленных в определенном порядке. В-шестых, концептуальное ожидание будущего, возможное на основе символического целеполагания, является не только благом. Оно порождает также негативные последствия, связанные с беспокойством, страхом перед будущим, что не свойственно животным. В-седьмых, в результате символической деятельности создается организованный мир. Прошлые и будущее, существующие в их символической форме, становятся частью этого мира. Символизм служит целям развития этого мира, становления человеческого «я» [10, с. 29—32].

Остановимся на рассмотрении описанных выше идей Берталанти, касающихся символической деятельности человека. Прежде всего следует сказать, что разделение символов на дискурсивные и недискурсивные само по себе не ново. Многие исследователи обращались к рассмотрению этих двух аспектов символической деятельности человека. Одни из них акцентировали внимание на лингвистической проблематике, пытаясь раскрыть символику языка. Другие концентрировали усилия на разработке теорий, относящихся к искусственным языкам. Третьи вторгались в малоизученную область символики, связанную с расшифровкой «языка бессознательного». Ряд ученых переносили акцент на исследование символизма в сфере искусства, религии, нравственных установлений. В отличие от тех, кто осуществлял обс-

тоятельный анализ того или иного аспекта символической деятельности человека, у Берталанфи нет глубинного рассмотрения природы дискурсивных и недискурсивных символов. Вместе с тем в его рассуждениях содержатся плодотворные мысли, способствующие раскрытию некоторых граней символической деятельности человека.

С одной стороны, Берталанфи соотносит дискурсивные символы с «познавательной» информацией, с коммуникационным процессом познания, а недискурсивные символы — с «эмоциональной» информацией, с непосредственным, экзистенциальным переживанием, имеющим место, например, в символическом «языке» музыки. Это позволило ему связать в единое целое представления о человеческом организме как открытой системе с коммуникационными процессами познавательного и экзистенциального характера и тем самым внести дополнительные штрихи в системно-символическую концепцию человека.

С другой стороны, Берталанфи рассматривает дискурсивные символы как относящиеся к сфере фактов, а недискурсивные символы — как имеющие непосредственное отношение к области человеческих ценностей. Такое понимание различий между двумя типами символов дало возможность Берталанфи осмыслить конфликты между «биологическими» и «человеческими» ценностями, что, в свою очередь, позволило ему осветить некоторые аспекты поведения людей в психиатрическом и психопатологическом ракурсе. Так, в отличие от многих традиционных психиатрических концепций, согласно которым психические заболевания являются следствием неудовлетворения биологических потребностей, Берталанфи рассматривает эти заболевания через призму возникновения стрессов на символическом уровне, где важную роль играют «человеческие» ценности или такие «квазипотребности» как статус личности, позиция индивида в социальных структурах, комфорт, денежные отношения и т. д. [12, с. 37]. Кроме того, соотнесенность недискурсивных символов с ценностями дала возможность Берталанфи критически переосмыслить существующие в западной литературе теории ценностей и противопоставить им свою гуманистически ориентированную ценностную концепцию с ее акцентом на самореализации человеческого существа. Причем именно под этим углом зрения им осуществляется «перевод» концептуальных построений экзистенциалистов с их размышлениями о «свободном выборе», «бессмысленности существования» и «абсурдности бытия», выражаемыми, по словам Берталанфи,

на довольно невразумительном языке, на язык системных представлений о символической деятельности человека как системе ценностей и об основополагающем принципе организации символического мира как спонтанной самореализации психофизического организма [10, с. 47; 11, с. 29].

Рассуждения Берталанфи о последствиях символической деятельности человека в некоторых аспектах перекликаются с идеями, ранее высказанными другими исследователями. В частности, его соображение о переходе человека от «материальных» проб и ошибок в сферу соответствующей деятельности, осуществляемой на уровне концептуальных символов, созвучно высказываниям Кассирера о «практическом воображении», свойственном животным, и развитию новой формы «символического воображения», характерной для человека [13, с. 33]. Или, например, одним из важных следствий символизма является, согласно Берталанфи, возникновение целенаправленной деятельности как уникальной особенности человека. Но именно этот аспект подробно обсуждался Юнгом, критиковавшим психоаналитический подход Фрейда к человеку [16].

Заслуга Берталанфи состоит в том, что он как бы объединил представления о различных последствиях символической деятельности в одну систему. Это позволило выявить диалектический характер человеческого развития, заключающийся, в частности, в том, что способность к созданию символического мира может вести не только к позитивным, но и к негативным результатам. Символическая деятельность свидетельствует об уникальности человеческого существа и значительных достижениях в сфере культуры. Кстати сказать, на этот аспект обращают внимание те западные теоретики, которые считают, что символизация является «ключом» к пониманию уникальности человека [14, с. 8; 15, с. 318] и что так или иначе люди всегда живут «в мире символов» [18, с. 7]. Однако созданные человеком символические системы могут выходить из-под контроля людей и даже подрывать их жизненные устои. Этот двойственный аспект символической деятельности человека фиксируется Берталанфи, который говорит не только о позитивных, но и негативных последствиях символизма. Берталанфи справедливо указывает на то, что символические системы могут стать могущественнее творцов, создавших их. Научно-технические достижения нередко используются против человека. Ядерные бомбы, по выражению Берталанфи, являются не только оружием массового уничтожения, но и символами безумия в науке и политике. Символические

ценности в форме денег, статуса, национализма управляют поведением человека и оказываются более эффективными, чем биологические потребности. «Демоны языка» воздействуют на людей, внося концептуальную путаницу или способствуя возрождению примитивной «вторичной религиозности», или демонологии, получившей распространение на Западе. Одним словом, будучи порождением самого человека, символический мир оборачивается против людей. Это, как считает Берталанфи, плата человека за свою уникальность, которая отличает его от других живых существ. Поэтому символизм может быть рассмотрен как основа подлинной природы человека, но в то же время и как причина всех человеческих затруднений, «всех глупостей человеческой истории» [10, с. 31, 32].

За рассуждениями Берталанфи о последствиях символической деятельности человека стоят, таким образом, две установки. Согласно одной из них, символическая деятельность может вести не только к позитивным, но и к негативным результатам. В этом отношении Берталанфи высказывает здравые соображения, пытаясь понять диалектику становления человека. Согласно другой его установке, расплата человека за свою уникальность целиком и полностью возлагается на способность человеческого существа создавать символы, символические системы, обладающие автономностью, собственной логикой развития и своими законами функционирования. Но как раз эта установка представляется не только непродуктивной, но и, по сути дела, ошибочной. И дело вовсе не в том, что символические системы не могут выходить из-под контроля человека и обретать статус самостоятельного существования. Напротив, их противостояние человеку нередко оказывается столь могущественным и неуправляемым, что символические системы поработают своих творцов, превращая их в бездумных роботов или подвергая жизнь людей физическому уничтожению или нравственной деградации. Однако было бы неверно связывать возможность обращения символических систем против людей с символической деятельностью как таковой, безотносительно к социальным и культурным условиям ее развертывания в конкретно-исторической ситуации. Символизм является одной из форм отражения действительности. Это отражение не пассивное, а активное по своему характеру и сущностной природе. Поэтому символы, символические системы не только воспроизводят объективную реальность в ее смыслозначимом ракурсе, но и включают в себя смысловые ее перестройки. Как и в

каком направлении происходит перестройка реальности под воздействием символического мира, зависит от превалирующих в жизни символов и символических систем, природа которых, в свою очередь, обусловлена социально-экономическими и культурно-нравственными условиями существования людей. Позитивные и негативные последствия символической деятельности человека детерминированы, следовательно, не самой способностью к этой деятельности, а характером и формой ее развертывания в конкретно-исторических условиях человеческого бытия.

* * *

Как биолог, Берталанфи ратовал за строго научный подход к исследованию актуальных проблем и процессов, являющихся объектом системного изучения. Вместе с тем он выступал против сциентистских тенденций, не оставляющих места для учета и рассмотрения человеческих ценностей. Обращаясь к проблематике человека, Берталанфи попытался по-своему осмыслить природу символической деятельности и роль символического мира в жизни людей. Это с неизбежностью привело его к признанию необходимости совмещения естественнонаучных и гуманитарных способов познания. Попытки построения общей теории систем как раз и отражали усилия Берталанфи в этом направлении, поскольку, по его убеждению, такая теория способна «навести мост» между сферами, традиционно подразделяемыми на науку и гуманитарное знание [10, с. 115].

Для Берталанфи были неприемлемы те механистические тенденции, которые имели место в системном движении. Именно поэтому он критически относился к различного рода «кибернетическим моделям», близким по духу к концептуальной схеме «стимул—реакция», распространенной в западной психологии. С точки зрения Берталанфи, мир символов, человеческие ценности являются важной составной частью исследований, носящих системный характер. Эта исследовательская установка логически вытекала из его системно-символической концепции человека. В конечном счете она обусловила, видимо, вполне определенную ориентацию Берталанфи на разработку проблем общей теории систем. Дух этой ориентации лучше всего можно выразить, пожалуй, его собственными словами: «Этот гуманистический аспект общей теории систем, как представляется, существенно отличен от взглядов механистически ориентированных систем-

ных теоретиков, которые говорят о системах исключительно в понятиях математики, кибернетики и техники, давая тем самым повод думать, что теория систем является последним шагом на пути механизации человека, утраты им ценностей, а следовательно, на пути к технократии» [3, с. 36].

Все это не означает, однако, что представления Берталанфи о природе, движущих силах и процессах развития человеческого существа во всех отношениях адекватны, безукоризненны и верны. На некоторые ошибочные, с нашей точки зрения, теоретические положения мы обратили внимание при рассмотрении идей Берталанфи о символической деятельности людей. Другие аспекты его системно-символической концепции человека, а также вытекающие отсюда следствия, касающиеся понимания сути его взглядов на природу агрессивности, соотношение биологического и социального, телесного и духовного, требуют дальнейшего обстоятельного изучения со стороны философов, психологов, историков науки и других специалистов, которые, надо полагать, проделают полезную работу как по осмыслению теоретического наследия Берталанфи, так и по выявлению специфики системных исследований, связанных с человеческой проблематикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрагам К.* Сон и миф: Очерк народной психологии. М.: Современные проблемы, 1912. 114 с.
2. *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — обзор проблем и результатов. — В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1969. М.: Наука, 1969, с. 30—54.
3. *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем. — В кн.: Системные исследования. Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973, с. 20—37.
4. *Ламетри Ж. О.* Сочинения. 2-е изд. М.: Мысль, 1983. 509 с.
5. *Лейбин В. М.* Психоанализ и философия неофрейдизма. М.: Политиздат, 1977. 246 с.
6. *Лосев А. Ф.* Знак. Символ. Миф: Труды по языкознанию. М.: Изд-во МГУ, 1982. 480 с.
7. *Ранк О., Закс Г.* Значение психоанализа в науках о духе. СПб.: Книгоизд-во Попова, 1913. 178 с.
8. *Фрейд З.* О психоанализе: Пять лекций. — В кн.: Хрестоматия по истории психологии/Под ред. П. Я. Гальперина, А. Н. Ждан. М.: Изд-во МГУ, 1980, с. 148—184.
9. *Юнг К. Г.* Избранные труды по аналитической психологии. Цюрих: Мусарет, 1929. Т. 1. 475 с.
10. *Bertalanffy L. von.* Robots, men and mind: Psychology in the modern world. N. Y.: Braziller, 1967. 150 p.
11. *Bertalanffy L. von.* General system theory — a critical review. — In: Modern systems research for behavioral scientists: A sourcebook/Ed.

- by W. Buckley; Forew. by A. Rapoport. Chicago: Aldine, 1969, p. 11—30.
12. *Bertalanffy L. von* A system view of man/Ed. by P. Laviolette. Boulder (Col.): Westview press, 1981. XX, 180 p.
 13. *Cassirer E.* An essay on man: An introduction to the a philosophy of human culture. New Haven; London: Yale Univ. press, 1962. VII, 237 p.
 14. *Cooper J.* Symbolism: The universal language. Wellingborough: The Aquarian press, 1982. 128 p.
 15. *Curtis R.* Evolution or extinction: The choice before us. A system approach to the study of the future. Oxford etc.: Pergamon press, 1982. XVIII, 447 p.
 16. *Jung C. G.* Letters. Selected and ed. by G. Adler in collab. with A. Jaffè. Princeton (N. J.): Princeton Univ. press, 1973. Vol. 1. 596 p.
 17. *Jung C. G.* On the nature of the psyche. L.: Routledge and Kegan, 1982. VIII. 166 p.
 18. *Kinget G.* On being human: A systematic view. N. Y. etc.: Harcourt Brace Jovanovich, 1975. X, 262 p.

ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ О СИСТЕМАХ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ. ОПЫТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Д. А. ПОСПЕЛОВ

Введение. Проблема представления знаний в области искусственного интеллекта является центральной. От ее успешного решения зависит успех в создании эффективных систем планирования целесообразной деятельности интеллектуальных систем, и в частности роботов. Столь же тесно связана с проблемой представления знаний и проблема организации эффективного диалога между человеком и системой искусственного интеллекта. Наконец, система обработки внешней информации и восприятия во многом опирается на развитую систему представления знаний.

В этой работе мы рассмотрим основные задачи, возникающие в области представления знаний не с точки зрения методов их решения, а с позиции системного анализа. Другими словами, мы будем исследовать и описывать систему представления знаний именно как систему. Поэтому нашей важнейшей задачей будет построение классификации систем представления знаний, выявление генезиса развития этих систем и выявление тех функциональных отношений, которые связывают систему представления знаний с другими системами интеллектуальных устройств.

План настоящей работы следующий. В начале мы рассмотрим тот путь, который привел к самому понятию «система представления знаний»¹ (СПЗ). Затем мы дадим несколько классификаций подобных систем и проанализируем их структуры. Наконец, после описания места СПЗ в системе организации целенаправленного поведения интеллектуальных устройств, мы в заключительной части перечислим основные проблемы в этой области, которые еще необходимо решить.

¹ Соответствующий английский термин — Knowledge Representation System.

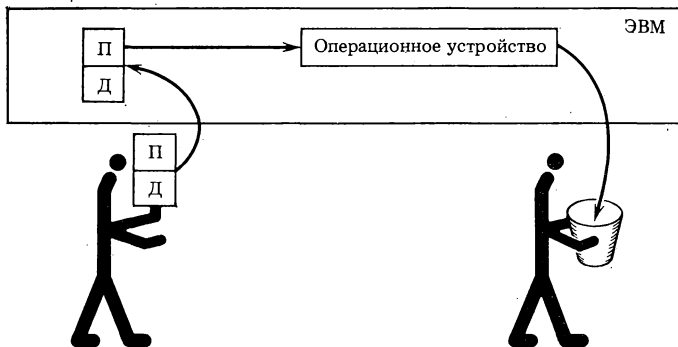


Рис. 1

От данных к знаниям. Проследим, как генетически возникли СПЗ. На начальном этапе развития ЭВМ доминирующую роль играла программа, реализуемая на машине. Именно в программе был овеществлен процесс решения той или иной задачи. Программист, переводя свой замысел в написанную программу, использовал семантику самой задачи, учитывал смысл исходных данных и алгоритма ее решения. Он также соотносил получаемый после реализации программы результат с некоторыми целевыми результатами для решаемой задачи. На рис. 1 показан схематически этот этап в использовании ЭВМ. Здесь ЭВМ выступает как формальная система, на вход которой поступает стандартизированное описание (программа) и на выходе которой также получается некоторая стандартизированная запись. Вся интерпретация производится только самим программистом. Такой взгляд на ЭВМ был впервые четко высказан в работах фон Неймана [9]. Фон Нейман показал, что функционирование ЭВМ можно уподобить работе машины Тьюринга. Однако — более точно — ЭВМ аналогична не машине Тьюринга, а Линейной Ограниченной Машине [7]. Это связано с тем, что память ЭВМ не бесконечна, а лишь потенциально бесконечна. При этом множество порождаемых ею языков есть то множество, которое порождается Линейно Ограниченными Машинами, т. е. множество не нулевого, а первого уровня в классификации, принятой в теории формальных грамматик [5]. Замечу, что в [17] была дана несколько иная трактовка ЭВМ как формальной системы, но для нашего исследования это не существенно. Важно лишь то, что в схеме, показанной на рис. 1, ЭВМ есть аналог некоторой формальной системы,

Именно то, что ЭВМ на начальном этапе своего существования использовалась в соответствии со схемой рис. 1, обусловило «однообразие» работы ЭВМ при решении любых мыслимых задач. Какую бы задачу ни решала ЭВМ (более точно, какую бы программу она ни выполняла), она всегда выполняет лишь определенную последовательность из тех команд, которые входят в ее систему команд. Если человек, не знающий, какую задачу решает ЭВМ, будет наблюдать за каждым ее шагом (например, анализировать распечатку всех действий по шагам), то он может лишь констатировать, что на некотором шаге произошло умножение содержимого определенных ячеек, на другом шаге — пересылка содержимого из одной ячейки в другую и т. д. А каков истинный смысл операций, совершаемых ЭВМ, ему восстановить без программиста невозможно, ибо только программист знает, что именно делает введенная им программа: решает систему дифференциальных уравнений, сочиняет музыку или играет в шахматы.

Обратим внимание на небольшой «довесок» к программе, показанный на рис. 1. Это исходные данные, с которыми работает программа. Как они были организованы на рассматриваемом нами этапе использования ЭВМ? Организованы они были по весьма жесткому и однозначному принципу. Каждое данное представляло собой с точки зрения ЭВМ машинное слово фиксированной длины (как правило, это была длина машинной ячейки, изредка двух таких ячеек). Массив данных не был никак структурирован. Каждый его элемент никак не зависел от других элементов, либо зависел от них только «пространственно» (при вводе в ЭВМ таких математических объектов, как вектор или матрица). В последнем случае при отображении данных в памяти ЭВМ приходилось располагать пространственно связанные элементы в виде адресно связанных ячеек. Причем эта связь должна была быть выражена в явной для человека и программы форме. Например, элементы, соответствующие координатам вектора, располагались в ячейках памяти с соседними номерами, матрицы «вытягивались» в строку и рассматривались в виде векторов особой природы и т. п. Каждое данное было тесно связано с программой и не мыслилось вне ее. В программе должна была найтись хотя бы одна команда, которая могла бы использовать данное в качестве своего операнда.

Дальнейшее развитие программирования пошло по двум направлениям. С одной стороны, происходило укрупнение тех операторов, которые программист мог бы использовать в своей программе. ЭВМ автоматически за счет структуры

может выполнять только вполне определенный набор команд. Но для программиста эти команды слишком «мелки». Программы получаются громоздкими, труднообозримыми, содержащими много ошибок. Укрупнение команд в операторы тесно связано с семантикой решаемых задач. Если человек имеет дело, например, с матричной алгеброй, то ему удобно давать указания ЭВМ прямо в виде операций над матрицами (например, «умножь матрицу A на матрицу B »). Если же программист занят решением на ЭВМ задач теории вероятностей, то для него желательно иметь операторы типа: «Найди математическое ожидание X » или «Вычисли дисперсию Y ». Стремление к введению таких обобщенных операторов в каждой из проблемно-ориентированных областей человеческой деятельности очень быстро привело к эффекту Вавилонской башни. Появилось несколько сот языков программирования для ЭВМ, каждый из которых содержал такой набор стандартных операторов, который был удобен для выбранной предметной области. Кроме того, каждый язык снабжался специальными средствами для перевода записей программ в выбранной системе операторов в запись той же программы в системе команд, доступных ЭВМ. Трудность удалось преодолеть. Были созданы языки программирования (к примеру, АЛГОЛ-68 или ПЛ-1), в которых предусматривались специальные средства для определения и введения в язык новых небольших операторов. С этого момента расширение операторных возможностей для описания процедур достигло такого уровня, который вполне удовлетворяет пользователей ЭВМ.

На практике введение новых обобщенных операторов приводит к схеме, показанной на рис. 2. В отличие от предшествующей схемы, кроме ввода программы и данных в ЭВМ, человек должен еще (если он хочет работать с обобщенными операторами) описать эти операторы и ввести их в специальную программу «Переводчик»². В процессе выполнения необходимой программы «Переводчик» все необходимые операторы расшифровывает согласно введенным описаниям в соответствующие стандартные программы. Эти подпрограммы постоянно хранятся в памяти ЭВМ. На рис. 2 показано n таких подпрограмм.

Отметим два важных для нас момента. Во-первых, программа «Переводчик» и стандартные подпрограммы как бы отрываются от основной программы. Если необходимо решать

² Мы называем эту программу «Переводчик», хотя более точно ее надо было бы назвать «Интерпретатор». Но этот термин в программировании означает нечто другое.

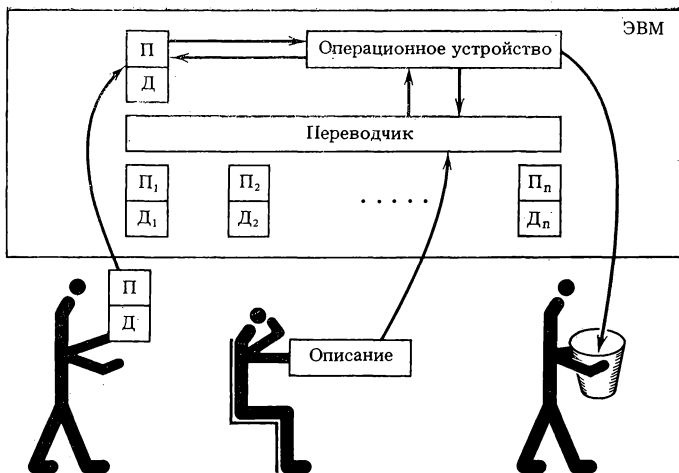


Рис. 2

не одну задачу из данной проблемной области, а много, то «Переводчик» и стандартные подпрограммы могут оставаться в памяти ЭВМ на все время решения основных задач. При смежных проблемных областях можно поступить следующим образом. Библиотеку накопленных стандартных подпрограмм можно назвать именем той проблемной области, для которой она использовалась (например, «Матричная алгебра», или «Планиметрия»), и убрать из оперативной памяти ЭВМ в долговременную. Так постепенно в долговременной памяти ЭВМ можно накопить богатый набор стандартных подпрограмм из разных проблемных областей. То, что эти подпрограммы хранятся в памяти ЭВМ и тогда, когда они не нужны непосредственно для решения очередной задачи, превращает их в знания ЭВМ. Эти знания, о вещественные в программах, мы будем называть процедурными. При этом программа «Переводчик» сама по себе связана лишь с особенностями языка программирования, используемого для решения задач, и никак не зависит от выбранной пользователем проблемной области. Ее функционирование есть некоторая внутренняя метапроцедура.

Во-вторых, данные в схеме, соответствующей рис. 2, как и ранее, жестко привязаны к тем или иным программам и подпрограммам. (Заметим, что термины «программа» и «подпрограмма» описывают одинаковые объекты. Различие в них возникает только при установлении между этими объектами

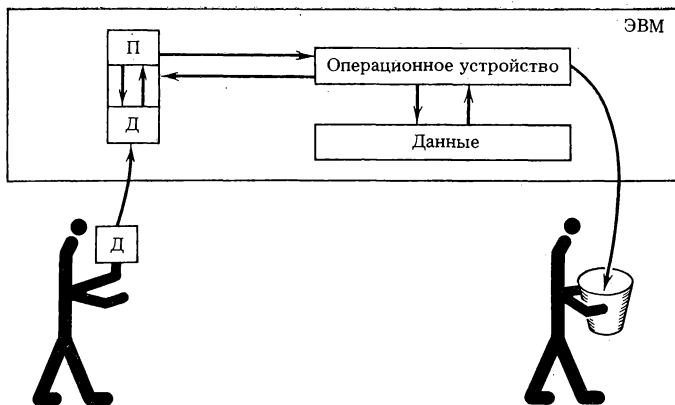


Рис. 3

отношения «часть—целое». В остальном же подпрограммы для ЭВМ абсолютно ничем не отличаются от программ.)

Мы рассмотрели первую ветвь эволюции языков программирования. Она привела нас к появлению процедурных знаний. Но параллельно с этой ветвью, правда несколько запаздывая, выростала и другая ветвь. Ее развитие началось тогда, когда ЭВМ стали использоваться для решения не только вычислительных задач, но и информационных, в частности, использоваться как элемент в автоматизированных информационно-поисковых системах. В таких системах в памяти ЭВМ постоянно хранится определенный массив информации, а входная программа представляет собой некоторый запрос на поиск информации из хранящегося массива (рис. 3). Практически во всех системах запросы имеют стандартную форму. Поэтому человек вводит в систему подобного типа не программу с данными, а некоторый набор данных, характеризующих запрос. Метапрограмма поиска связана только с формой представления данных, принятой в ЭВМ, и не должна быть связана с той проблемной областью, к которой относится массив хранимой в памяти информации. Другими словами, рис. 3 легко преобразуется в рис. 4, на котором показана структура, пригодная для хранения в памяти ЭВМ информации о многих проблемных областях. Для того чтобы запрос попал туда, куда это нужно пользователю, необходимо указывать в нем имя той проблемной области, которую нужно вызвать в оперативную память ЭВМ для поиска ответа на запрос.

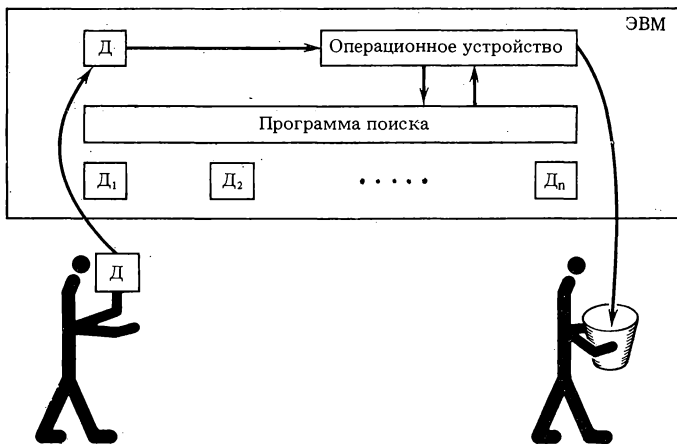


Рис. 4

Эволюция систем подобного типа шла по пути усложнения структур данных, допустимых в ЭВМ. Появились возможности работы с массивами информации и файлами. Файлы — это массивы, структура которых может быть задана программистом. Файлом, например, является всякая форма документа. Вслед за файлами появились списочные структуры, реализованные в известном среди специалистов языке ЛИСП, затем более сложные структуры, о которых мы поговорим чуть позже. Наконец, появилась возможность описывать желаемые для пользователя типы данных и вводить эти описания в программу, которая расшифровывает эти описания и осуществляет работу со структурами данных, удобных для пользователя. На рис. 5 приведена соответствующая схема. Интересно сравнить ее со схемой, показанной на рис. 2. Эти схемы похожи. Только теперь расшифровываются не только операторы, входящие в программу, а данные из этой программы.

Знания ЭВМ, овеществленные в базах данных (на рис. 5n баз данных для n различных проблемных областей), мы будем называть декларативными. Программа «Переводчик данных» реализует внутреннюю метапроцедуру.

Итак, знания в ЭВМ появляются тогда, когда данные отторгаются от конкретной задачи, решаемой на ЭВМ в настоящий момент, но могут быть вызваны для использования при желании пользователя. Наличие специальных метапроцедур, никак не определяемых решением конкретных задач, является

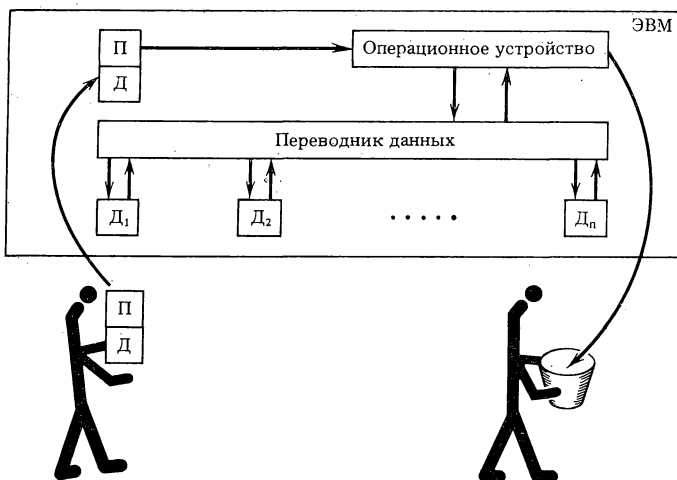


Рис. 5

необходимым условием наличия знаний. Система представления знаний (СПЗ) в самой простейшей форме есть совокупность процедурных и декларативных (в смешанных системах и тех и других) знаний и соответствующих им метапроцедур. Переход от данных к знаниям носит эволюционный характер. Мы пока отметили лишь две особенности, присущие знаниям: отсутствие ориентации на некоторую конкретную программу и наличие специальных метапроцедур, необходимость в которых порождена самими знаниями. Отметим еще ряд особенностей, которыми обладают знания.

Первой и важнейшей из них является возможность внутренней интерпретации знаний. Поясним это на следующем примере. Пусть в память системы введена некоторая таблица, отражающая анкетные данные сотрудников определенного учреждения. Она может, например, иметь следующий вид:

| Фамилия | Год рождения | Пол | Специальность |
|---------|--------------|-----|---------------|
| Иванов | 1952 | м | Сварщик |
| Дудко | 1941 | ж | Повар |
| Логинов | 1934 | м | Сварщик |
| Логинов | 1955 | м | Монтажник |

Если в память ЭВМ ввести лишь ту часть таблицы, которая находится ниже шапки, то в памяти образуется файл, с которым может работать программа, выполняющая различные операции, необходимые, например, для отдела кадров или бухгалтерии. Однако, как уже говорилось выше, сама ЭВМ не будет при этом иметь никакой информации о том, что именно хранится в данном файле. Если в нее ввести запрос: «Что тебе известно об Иванове?» или «Перечисли всех женщин, работающих на данном предприятии», то она не сможет ответить ничего вразумительного. Если же в память ЭВМ ввести всю таблицу целиком и сообщить ЭВМ, что верхняя строка (шапка) есть перечисление имен (в этом случае их чаще называют атрибутами) того, что стоит в соответствующих столбцах, то машина станет способной к самостоятельной интерпретации записанных в нее данных. Данные получают собственные имена и станут обладать некоторой семантикой.

Вторым шагом на пути к знаниям является введение отношений над единицами информации, хранимыми в памяти. В качестве примера введения отношений рассмотрим вновь нашу кадровую таблицу. Можно считать, что каждая строка этой таблицы образует четырехместное отношение, схема которого задана шапкой таблицы. Это отношение связывает между собой все анкетные данные, относящиеся к одному индивиду. Кроме отношений такого типа, можно задавать отношения и других типов. Например, родовидовые, временные, каузальные, пространственные и т. п. Списки наиболее интересных для СПЗ отношений проводились неоднократно. В ситуационном управлении [12] этому уделялось особое внимание. Другим примером может служить список отношений, приведенный в Приложении 3 к книге [10].

Как известно, именно специфика вводимых отношений над элементами сложного объекта определяет особенности того или иного объекта или, точнее, знаний об этом объекте [1]. В существующих сейчас реально СПЗ именно отношения и взаимные связи через ссылки в информационных единицах определяют организацию СПЗ, ее целостность в духе того, как это трактуется в [2]. С другой стороны, именно система отношений, вводимых в знания, позволяет получать алгебраические и логические модели представления знаний.

Еще одной особенностью того, что принято называть знаниями, является шкалированность. Сущность шкалирования состоит в том, что знания о некоторой предметной области как бы размещены в специальном семантическом пространстве, шкалами которого являются некоторые обобщенные характеристики. Идея шкалирования и семантического про-

странства восходит к Ч. Осгуду, предложившему в конце 20-х годов схему эксперимента по выявлению структуры этого пространства. В эксперименте Осгуда на начальной стадии в качестве шкал использовались шкалы, образованные словами антонимами типа: добрый-злой, высокий-низкий, острый-тупой и т. п. Эти слова располагались по концам шкалы, а роль нуля играло нейтральное высказывание: ни добрый, ни злой, ни высокий, ни низкий и т. п. Остальные деления шкалы словами могли и не обозначаться. Испытуемые должны были располагать на этих шкалах слова, характеризующие понятия из списка, задаваемого экспериментатором. Число исходных шкал у Осгуда было около 400. Результаты экспериментов обрабатывались каким-либо способом, позволявшим выделить существенные компоненты. Чаще других для этого использовались методы факторного или кластерного анализа. После обработки выделялись обобщенные компоненты, которые и образуют оси семантического пространства. Еще Осгуд показал, что почти для всех понятий можно построить трехмерное семантическое пространство, оси которого можно интерпретировать как шкалу оценок, шкалу силы и шкалу активности. Метрика этого пространства в его работах совпадала с обычной евклидовой метрикой. Близость расположения в нем слов, характеризующих определенные понятия, оценивала их ситуативную близость.

Идея такого шкалирования и сейчас является в психологии одной из основных при описании когнитивных структур, хранящих знания о мире в голове человека.

Кроме шкал осгудовского типа, для организации знаний характерны еще родовидовые связи, отражающие иерархичность знаний, и шкалы, связанные с частотой или типичностью тех или иных знаний. Другими словами, кроме семантических шкал, отражающих ситуативную классификацию знаний, и шкал, отражающих иерархическую структуру знаний, возникающую в процессе обобщения информации о внешнем мире, существуют еще шкалы, отражающие частоту встречаемости тех или иных явлений и фактов во внешнем мире [4].

В настоящее время уже созданы СПЗ, в которых реализованы свойство внешней интерпретации и возможность установления родовидовых связей или вероятностных шкал. Однако семантические шкалы пока еще не нашли применения в существующих СПЗ и в специализированных языках для работы со знаниями.

Отметим еще одну важную особенность того, что в отличие от данных можно назвать знаниями. Используя

на начальном этапе в ЭВМ данные не допускали членения на более мелкие содержательные единицы и с большими трудностями могли быть объединены (через программу) в более сложные структуры типа векторов или матриц. Знания же обычно обладают такой формой представления, которая допускает рекурсивное вложение одних информационных единиц в другие. В следующем разделе статьи мы будем подробно говорить о различных формах представления знаний. Здесь мы заметим следующее. Наличие имен для единиц информации и отношений между ними всегда позволяет задавать знания в виде следующей типовой структуры:

$$(i; \langle j_1, v_1 \rangle, \langle j_2, v_2 \rangle, \dots, \langle j_n, v_n \rangle).$$

Здесь i — имя информационной единицы, j_k — имена ее частей, которые чаще всего называют слотами, а v_k — значения слотов. В качестве значения некоторого слота может стоять слот второго уровня, что приводит к структуре вида

$$(i; \langle (j_1; \langle j_1^1, v_1^1 \rangle, \dots, \langle j_1^l, v_1^l \rangle) \rangle, \dots, \langle j_n, v_n \rangle),$$

в которой слот с именем j_1 сам образует систему слотов. Этот процесс развертывания слота в систему новых слотов может продолжаться неограниченно.

Кроме того, в качестве значения слота любого уровня вложенности может стоять имя другой информационной единицы. Появление такого значения есть сигнал о переходе к единице информации с указанным именем. Такие переходы задают отношения между информационными единицами, т. е. структуру на множестве информационных единиц. Наконец, в качестве значения слота может стоять имя некоторой процедуры, что соответствует вызову этой процедуры для ее выполнения. Это позволяет соединять в одно целое декларативные и процедурные знания.

Классификация СПЗ. Прежде всего отметим, что задание любой СПЗ требует задания языков двух типов: языка описания знаний (ЯОЗ) и языка манипулирования знаниями (ЯМЗ). Язык первого типа служит для задания самих знаний в памяти ЭВМ. Язык же второго типа, по существу, описывает те метапроцедуры, которые будут работать со знаниями. На рис. 6 показана общая схема СПЗ.

Метапроцедуры M_1, M_2, \dots, M_k оперируют с процедурными знаниями. Эти процедурные знания овеществлены в программах P_1, P_2, \dots, P_l . В этих программах нет никаких конкретных исходных данных. В них есть лишь специальные описатели O_1, O_2, \dots, O_l , в которых указано, какие исходные данные и в какой форме должны быть заданы для ра-

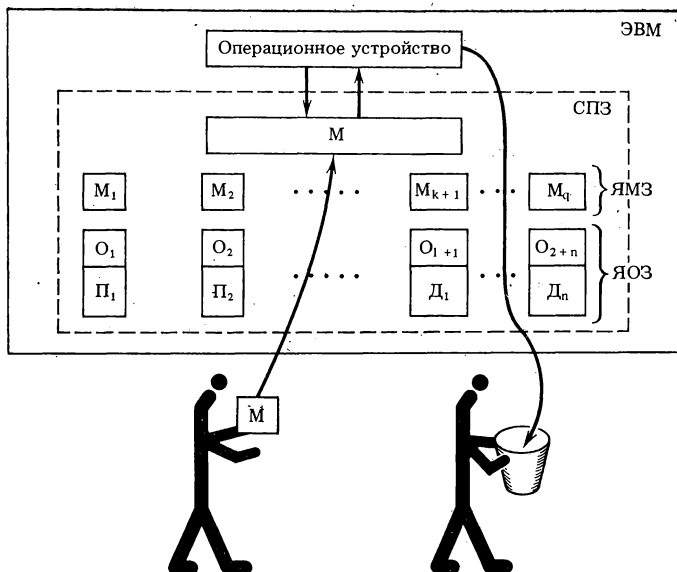


Рис. 6

боты соответствующей программы. Смысл метапроцедур для процедурных знаний может быть самым различным. С их помощью, например, происходит поиск нужной программы, наполнение ее конкретными данными, передача данных от одной программы к другой, расшифровка операторов и т. д.

Метапроцедуры $M_{k+1}, M_{k+2}, \dots, M_q$ оперируют с декларативными знаниями. Они овеществлены в базах данных D_1, D_2, \dots, D_n . В этих базах нет никаких процедурных элементов. Специальные описатели $O_{l+1}, O_{l+2}, \dots, O_{l+n}$ служат для указания на те структуры данных, которые используются в данной базе данных. Метапроцедуры, работающие с декларативными знаниями, могут выполнять самые разнообразные задачи: находить нужную базу данных, осуществлять поиск необходимой информации в базе данных, переводить данные из одной формы представления в другую и т. д.

Набор метапроцедур, обозначенный на рис. 6 буквой M , — это набор метапроцедур над метапроцедурами. Другими словами, это набор метапроцедур второго порядка. Их задача — осуществление связи между решаемой на ЭВМ задачей и СПЗ. С их помощью выбираются нужные метапроцедуры первого уровня. На рис. 6 отмечены уровни, соответствующие ЯОЗ и ЯМЗ.

Классификацию СПЗ мы начнем с классификации ЯОЗ. Рассмотрим сначала процедурные знания. Несмотря на большое разнообразие языков программирования, используемых для описания процедурных знаний, их можно разделить на два типа: языки, в явной форме задающие процедуру, и языки, задающие процедуру в неявной форме. Большинство языков программирования относится к первому типу. В той или иной форме в основе этих языков лежит модель продукций, хорошо известная в логике. Эта модель служит основой большинства формальных уточнений понятия алгоритма. Элементарный шаг в таких языках связан с выполнением подстановки вида: $A \Rightarrow B$, где A и B некоторые выражения языка РЕФАЛ. В языках типа АЛГОЛ, ФОРТРАН, КОБОЛ и подобных им продукционная модель используется в несколько модифицированной форме. Однако эта модификация не меняет сути дела. В любом случае в языках подобного типа пользователь при описании процедурных знаний должен в явной форме задать алгоритм, реализующий эту процедуру. Расшифровка алгоритма в ЭВМ при этом предполагается однозначной (хотя реализация может быть и неоднозначной, если, например, в записи процедуры имеется оператор случайного выбора, опирающийся на анализ значения некоторой случайной величины, вырабатываемой на ЭВМ). Другими словами, ЯОЗ есть язык алгоритмического типа. При манипулировании знаниями, описанными на ЯОЗ, расшифровка этих знаний является однозначной.

Однако среди ЯОЗ есть и такие, которые не опираются в явном виде на продукционную модель. Наиболее известным из них является язык ЛИСП, в основе которого лежит λ -исчисление Чёрча. Отметим, что еще весьма давно языки программирования такого типа предлагались в нашей стране. Однако это предложение не было тогда доведено до уровня работающего языка.

Для декларативных знаний в системах искусственного интеллекта и других системах, базирующихся на знаниях, сейчас используются несколько типов ЯОЗ. Среди них наибольшей популярностью пользуются логические, реляционные, фреймовые и сценарные ЯОЗ. В качестве логических ЯОЗ в подавляющем числе случаев используются языки исчисления предикатов первого порядка. В подобных языках все описания представляют собой правильно построенные формулы используемого исчисления. В этой форме описываются как факты, так и закономерности. Преимуществом таких языков являются достаточно эффективные процедуры преобразования знаний. Для этого могут быть использова-

ны такие универсальные процедуры, как обратный метод Маслова или метод резолюций с его многочисленными модификациями. Сведение преобразования знаний к процедурам логического вывода позволяет точно ставить и решать многие задачи, связанные с противоречиями в знаниях или с их неполнотой. Существенным недостатком, присущим всем ЯОЗ логического типа, является громоздкость описаний и их ненаглядность. Кроме того, в СПЗ, основанных на логических языках, практически невозможно проводить композицию и декомпозицию отдельных единиц знаний. Это не позволяет в явной форме отразить принципиальное свойство любого сложного явления или факта, имеющего системный характер, описываемого некоторыми структурами над более мелкими явлениями или фактами. По этой же причине в логических языках плохо реализуются процедуры обобщения и организация родовидовых классификаций. Эти языки рассчитаны лишь на один фиксированный уровень описания знаний. И там, где этого единственного уровня достаточно, они могут применяться вполне успешно.

Неоднократно делались попытки увеличить выразительную силу языков логического типа. Эти попытки шли по пути усложнения исчислений, приближения их к требованиям СПЗ. Например, совершался переход от исчислений с одним типом термов и формул к многосортным исчислениям, вводились богатые наборы модальных операторов, в явной форме делались попытки введения времени и меток ситуаций в формулы исчисления и т. п. Однако на сегодняшний день эти попытки не привели к сколько-нибудь убедительным результатам. И хотя логические языки по-прежнему привлекают внимание исследователей (особенно после появления языка программирования ПРОЛОГ, моделирующего, по сути, процедуры вывода в некотором логическом исчислении), но при необходимости работать со знаниями, отражающими особенности достаточно сложной проблемной области, приоритет принадлежит языкам иного типа.

Одним из типов языков такого рода являются реляционные языки. Именно они получили в 70-х годах широкое распространение в базах данных (реляционные базы данных). Особенностью реляционных языков является наличие средств для явного задания именованных отношений между отдельными единицами знаний.

Существует довольно много реляционных языков, отличающихся друг от друга способами задания отношений. Наиболее просты табличные языки. Именно на примере языка такого типа мы иллюстрировали выше свойство внутренней

интерпретируемости знаний. Как показал первый исследователь табличных реляционных языков—Кодд, математической моделью их является исчисление предикатов первого порядка. И следовательно, по своим возможностям табличные языки эквивалентны тем, которыми обладают классические предикативные исчисления.

Каждая строка таблицы задает n — арное отношение на атрибутах, которые соответствуют столбцам таблицы. Такое задание отношений не всегда удобно и вызывает массу технических и принципиальных трудностей. Это породило многочисленную семантическую критику баз данных и баз знаний, основанных на табличных представлениях.

Реляционными языками иного типа являются *RX*-коды и язык синтагматических цепей, использовавшиеся в ситуационном управлении [12]. В этих языках отношения входят в формулы языка таким образом, что легко реализуются иерархические записи. Это дает возможность строить эффективные процедуры декомпозиции и композиции знаний, а также проводить обобщение информации различного типа [12]. Язык синтагматических цепей не требует перехода к бинарным отношениям, так как он содержит средства, позволяющие использовать отношения любой размерности.

Моделями реляционных языков являются семантические сети. В таких сетях вершинам соответствуют единицы знаний (допускается наличие многосортных знаний, что может отражаться в различной разметке вершин), а именованным дугам — отношения между этими информационными единицами. На семантических сетях обычно определяются классические теоретико-множественные операции, а кроме того, специальные операции вставки на место любой вершины фрагмента и стягивания некоторого ее фрагмента в обобщенную вершину. Это позволяет строить иерархические семантические сети и отображать на них операции декомпозиции и композиции.

Таким образом, реляционные языки хорошо отражают такие свойства знаний, которые связаны с наличием у них внутренней структуры и сети отношений, связывающих отдельные единицы знаний в ситуативные или родовидовые классифицирующие образования. Более сложной проблемой для языков реляционного типа является проблема выводимости одних знаний из других. Для табличных языков положение несколько проще, чем для языков типа языка синтагматических цепей. В настоящее время делаются многочисленные попытки построить эффективные процедуры поиска информации в базах, использующих реляционные языки.

Этому несколько мешает та свобода, которая в нетабличных языках позволяет строить практически любую семантическую структуру. Такая свобода затрудняет построение формальных процедур. И это явилось одним из источников попыток как-то упорядочить саму структуру представления знаний, сохранив все те возможности, которые им должны быть присущи.

Так, появились языки фреймового типа. Сейчас они считаются наиболее перспективным классом языков для представления знаний. Общая структура фрейма имеет следующий вид:

{Имя фрейма <Имя слота> <Значение слота> <Имя слота>
<Значение слота> . . . <Имя слота> <Значение слота> . . .}.

Число слотов фрейма может быть фиксированным или может наращиваться в процессе заполнения и формирования базы знаний. Каждый слот фрейма может содержать как некоторую конечную информацию, так и делиться на ряд слотов более низкого уровня. Другими словами, слоты можно вкладывать друг в друга, как деревянные матрешки. Это позволяет в полной мере реализовать во фреймах операцию декомпозиции знаний. Однако возможно и другое положение, когда значением некоторого слота данного фрейма окажется имя слота более высокого уровня в данном фрейме. Такие отсылки позволяют организовать в рамках фрейма деревья родовидовых классификаций. Наконец, значением некоторого слота может оказаться имя другого фрейма с указанием имени отношения, связывающего данный слот (и, следовательно, данный фрейм) с этим новым фреймом. Так возникает сеть фреймов, которая очень напоминает семантическую сеть. В вершинах сети находятся фреймы или слоты, а связи между ними преобразуются в именованные отношения. Конечно, нет никакой принципиальной разницы между слотами и фреймами. Деление это чисто условно, что связано с выделением в системах тех или иных составляющих их компонентов или с выделением системы из некоторой среды [2]. Сказанное о фреймах тесно связано с тем, что говорилось о структурированности знаний ранее.

Во фреймовых языках весьма просто осуществляются вставки и стягивания, о которых мы говорили в связи с семантическими сетями. Это означает, что при таком способе представления знаний весьма нетрудно организовать процедуры, связанные с введением обобщенных понятий. Наконец, фреймовые языки позволяют реализовать еще одну особенность знаний, о которой мы не говорили. Это так называемая активность знаний. Исторически сложилось так, что при решении задач на ЭВМ роль активного начала всегда играла

программа. Она инициировала процессы, протекающие в ЭВМ, искала и находила нужные для себя данные в памяти машины и размещала полученные результаты в этой памяти. Данные же играли пассивную роль. Сами по себе они не инициировали никаких процессов. Это положение было связано со всей технологией использования ЭВМ при решении задач, когда лишь программист определял необходимость решения задачи и время начала процесса, связанного с ее решением. При включении ЭВМ в контур управления некоторым объектом инициация начала процесса решения задачи могла осуществляться не программистом, а некоторыми данными, приходящими в виде сигналов от объекта управления. Это был первый шаг на пути активизации данных.

Активизация знаний — это следующий шаг в данном направлении. Источником выполнения программ становятся состояния базы знаний. Примерами таких активизирующих состояний могут служить состояния; связанные с обнаружением неполноты в знаниях или того, что знания частично противоречивы. Столь же активно используются знания в задачах синтеза необходимых процедур [6]. И это сближает знания в современных ЭВМ с когнитивными структурами, присущими животным и человеку. Ибо у живых существ именно знания являются тем активизирующим началом, которое вызывает к исполнению необходимые процедуры или формирует нужные процедуры из готовых блоков.

Способность к активности фреймовых представлений обеспечивает то, что в качестве значений слотов фреймов могут выступать имена некоторых стандартных процедур, программы выполнения которых хранятся либо в самом этом слоте, либо где-то в специальном хранилище программ. Для организации связи с процедурами используется обычно стандартная продукционная запись вида $A \Rightarrow B$, где A есть некоторое проверяемое при использовании продукции условие, а B — указание на то, что надо сделать, если условие A выполнено. В адаптирующихся системах продукции могут иметь вид $A \Rightarrow B, C$, где C описывает условия изменения левых частей продукций в данной продукции и, возможно, в других продукциях, расположенных в иных слотах данного фрейма или других фреймов. В блоке C , конечно, содержится и информация об адресах всех модифицируемых продукций.

Появление фреймовых языков вызвало ряд исследований в области экспериментальной психологии. Были проведены эксперименты по проверке гипотезы о том, что когнитивные структуры человека устроены аналогично фреймовым структурам. К сожалению, эти эксперименты дали отрица-

тельный результат. Когнитивные структуры человека устроены иначе, чем фреймовые представления [3].

Особым типом фреймовых представлений являются так называемые сценарии [20]. По сути своей сценарии — это процедурные знания, записанные в виде семантической сети с вложениями, которые можно представить в виде вложенных структур слотов. Дуги этой сети отождествляются с элементарными действиями, а пути — с цепочками этих действий. Вершины сценария описывают состояния, в которых имеется альтернативный выбор для дальнейшего движения к целевому состоянию. Но, как и для фреймовых структур, попытки найти аналогии между сценариями и процедурными знаниями в когнитивных структурах человека оказались тщетными [3].

Знания и поведение. В этом разделе мы коснемся тех вопросов, которые связаны с использованием знаний при построении планов целесообразного поведения. Формально для искусственных систем типа роботов эти вопросы связываются с задачами планирования целесообразного поведения [6]. Общая схема этой взаимосвязи обсуждалась еще в работе [14], в которой была введена структура гиромата — устройства, операциональная структура которого меняется в зависимости от решаемой задачи и имеющихся в этот момент времени знаний. В работе [15] показывалось, как меняется поведение системы при введении в нее знаний о ней самой. А в работе [8] отмечалось, что без всякой ситуативной динамики в системе предпочтений на знаниях невозможно осуществить целесообразный выбор в альтернативных ситуациях.

Резюмируя все сказанное, можно сформулировать следующее общее утверждение: СПЗ играют центральную роль при решении всех основных задач, связанных с созданием интеллектуальных систем. Ни планирование их целесообразной деятельности, ни осуществление коммуникативной функции между ними и человеком, ни организация коллективного взаимодействия интеллектуальных искусственных систем между собой невозможны без развитых СПЗ и языков обработки знаний.

Нерешенные задачи. В области представления знаний имеется большое количество нерешенных задач. Перечислим основные из них.

1. Задача создания активных СПЗ и организации на их основе процедурных знаний, необходимых для данной ситуации. Во втором разделе статьи уже говорилось о том, что для человека характерен примат декларативных знаний над процедурными, чего пока нет в искусственных системах.

Неоднократно в когнитивной психологии делались попытки построить общую модель активности в знаниях, вызывающей возникновение тех или иных процедур [3], но пока эти результаты еще не имеют достаточной объяснительной силы.

2. В моделях знаний необходимо отражать информацию о мотивах, целях, поступках и поведении, которая имеет моральную, этическую и социальную оценочную компоненты. Первоначальные попытки сделать это [21] показывают, что тут можно надеяться получить ряд новых по качеству результатов.

3. Логика рассуждения над когнитивными структурами, которой пользуются люди, во многом непохожа на привычные схемы человеческих рассуждений. Это требует разработки специальных логических систем, в рамках которых эти рассуждения могли бы быть смоделированы [13, 19]. Сюда же относятся и проблемы, связанные с индуктивными схемами выводов, один из видов которых получил недавно свою формализацию [18].

4. Необходима разработка разнообразных систем правдоподобных рассуждений, рассуждений по ассоциации и рассуждений по аналогии.

5. Необходимо учитывать в знаниях различную неполноту, связанную с качественным характером знаний, недетерминированностью их и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М.: Знание, 1969. 48 с.
2. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
3. Величковский Б. М. Современная когнитивная психология. М.: Изд-во МГУ, 1982. 336 с.
4. Вероятностное прогнозирование в деятельности человека. М.: Наука, 1977. 391 с.
5. Гладкий А. В. Лекции по математической лингвистике для студентов НГУ. Новосибирск: НГУ, 1966. 189 с.
6. Ефимов Е. И. Решатели интеллектуальных задач. М.: Наука, 1982. 316 с.
7. Минский М. Вычисления и автоматы. М.: Мир, 1970. 364 с.
8. Наппельбаум Э. Л., Поспелов Д. А. Субъективное структурирование ситуации в задачах коллективного принятия решений. — В кн. Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. М.: Наука, 1981, с. 191—205.
9. Фон Нейман Дж. Вычислительная машина и мозг. — В кн.: Кибернетический сборник. М.: Иностран. лит. 1960, вып. 1, с. 11—60.
10. Одрин В. М., Карташов С. С. Морфологический анализ систем. Киев: Наук. думка, 1977. 147 с.
11. Петренко В. Ф. Введение в экспериментальную психосемантику:

Исследование форм репрезентации в обыденном сознании. М.: Изд-во МГУ, 1983. 175 с.

12. *Поспелов Д. А.* Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоатомиздат, 1981, 231 с.
13. *Поспелов Д. А.* О «человеческих» рассуждениях в интеллектуальных системах.— В кн.: Вопросы кибернетики: Логика рассуждений и ее моделирование. М.: Науч. совет по комплекс. пробл. «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1983, с. 5—37.
14. *Поспелов Д. А.* Системный подход к моделированию мыслительной деятельности.— В кн.: Проблемы методологии системного исследования. М.: Мысль, 1970, с. 333—368.
15. *Поспелов Д. А.* «Сознание», «самосознание» и вычислительные машины. — В кн.: Системные исследования. Ежегодник. 1969. М.: Наука, 1969, с. 178—184.
16. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974. 277 с.
17. *Успенский В. А.* Машина Поста. М.: Наука, 1979. 95 с.
18. *Финн В. К.* Информационные системы и проблемы их интеллектуализации.— Научно-техническая информация, 1984, серия 2, № 1, с. 1—14.
19. *Чесноков С. В.* Детерминационный анализ социально-экономических данных. М.: Наука, 1982. 168 с.
20. *Шенк Р.* Обработка концептуальной информации. М.: Энергия, 1980. 360 с.
21. *Шустер В. А.* Субъективные оценки словесных и фреймовых описаний поступков.— В кн.: Вопросы кибернетики: Логика рассуждений и ее моделирование. М.: Науч. совет по комплекс. пробл. «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1983, с. 103—136.

К ОПЕРАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПОНЯТИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ В ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЗНАНИЙ

В. М. ЧЕЛНОКОВ

ВВЕДЕНИЕ

В этой статье рассматриваются вопросы, которые можно отнести к представлению знаний, если последнее понимать достаточно широко, включая и так называемое содержательное знание. Предлагается некое системное представление о реальности в любых ее аспектах. Показывается, какую логику можно искать в таком представлении. Этой логикой является структурная логика целостности. Используемая форма представления соотносит друг с другом элементы знания, подобно некоторым формам в системах искусственного интеллекта (ИИ), откуда берет начало сам термин «представление знаний».

В представлении знаний для ИИ-систем выделяются три направления. Первое разрабатывает схемы представления с помощью семантических сетей, введенных М. Квиллианом во второй половине 60-х годов. Такая сетевая форма представления наиболее близка к той, которая предлагается ниже. Второе направление базируется на представлении знаний с помощью фреймов, предложенных М. Минским в начале 70-х годов. Третье направление в представлении знаний — так называемые экспертные системы [12]. Это направление сейчас рассматривается как имеющее важное прикладное значение в разного рода диагностике. Актуальной проблемой для разработчиков ИИ-систем является представление трудно формализуемых знаний, обозначаемых термином «здравый смысл» (commonsense knowledge).

Представление знаний, о котором идет речь ниже, в общем, не подчинено задачам построения ИИ-систем, хотя и подразумевает использование компьютера. Оно ориентируется на системное воспроизведение больших масс знания, имеющего значимость для общественной практики и не ограниченного (по множеству своих аспектов) никакими заранее предписанными рамками. Описываемая система претендует на то, чтобы отразить некий «человеческий» способ содержательного познания действительности, тогда как исследователей и конструкторов ИИ подобная «естественность» часто вовсе не заботит,

СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ ЗНАНИЕ

Можно выделить два подхода к познанию мира, два видения мира, два отношения к нему. Это подход содержательный (или, как иногда говорят, «гуманитарный») и подход формальный.

При формальном подходе познающий интеллект достигает существенного уменьшения сложности картины реального мира. Выдающиеся достижения такого подхода к познанию мира и представлению знаний о нем демонстрирует физика. В настоящее время она имеет достаточно стройное здание математических моделей мира. Однако успехи формального подхода за пределами физической области пока намного скромнее, чем внутри ее. К примеру, экономика включает в себя как производственные процессы, так и производственные отношения, вовлекающие в свою орбиту поведение людей. Поэтому реальные достижения математических методов в экономике есть результат моделирования в основном на производственно-технологическом уровне, который, будучи несомненно важным, все же никогда не поднимается до уровня социально-экономического [3, с. 28—31].

В настоящее время в разных областях при все еще сохраняющемся главенстве такого формального подхода происходит заметный рост понимания значимости содержательного, многоаспектного рассмотрения действительности как самостоятельного, незаменимого способа познания.

Это понимание быстро проникло в область ИИ, и особую важность оно имеет в сфере управления сложными, большей частью социально-экономическими системами. Вместе с тем кажется необходимым осознание взаимной дополнительности двух подходов к познанию мира. Рассел Акоф в 1974 г. писал [11]:

«Я убежден, что в Системном веке научный подход (science) будет пониматься как поиск сходства у вещей, которые видятся различными, а гуманитарный подход (humanities) — как поиск различий у вещей, которые видятся сходными. Первый подход ищет обобщения, второй стремится к индивидуализации вещей. И здесь научный и гуманитарный подходы как бы образуют две стороны одной монеты: их можно по отдельности рассматривать, обсуждать, но нельзя отделить друг от друга в жизни... Гуманитарный подход выявляет аспекты... с которыми еще нужно научиться иметь дело, а научный указывает на то, как обращаться с известными аспектами...»

Важно видеть, что формально-научный и содержательный («гуманитарный») подходы можно пытаться применять в одной и той же сфере. Однако если в первом случае (например,

при построении экономико-математической модели) важно выбрать некоторое множество «оснований» рассмотрения вещей, то для содержательного подхода такой ситуации выбора просто не существует, поскольку этот подход ориентирован на многоаспектность рассмотрения действительности и то, к чему он стремится при этом, есть целостность (упомянутую многоаспектность следует отличать от всесторонности математического исследования свойств модели).

Естественно, при всяком многоаспектном рассмотрении интеллект успевает охватить лишь конечное множество элементов познаваемого, так что всякое содержательное знание неполно. Однако накопление этих элементов, происходящее некоторым организованным образом, способно привести к возникновению целостных областей в знании. Есть достоинство в именовании «неполное, но целостное», которое было употреблено применительно к гуманитарному знанию. И есть необходимость искать такое знание там, где еще недавно ценился лишь формальный подход. Член-корреспондент АН СССР Е. Л. Фейнберг пишет [9, с. 122]:

«В этических, многих социальных и других подобного рода проблемах количество существенных факторов столь велико, что доступный «доказательный», логический и вообще дискурсивный элемент неизбежно охватывает лишь малую долю этих факторов. Поэтому результирующее суждение, опирающееся лишь на этот «доказательный» элемент и признающее его достаточным для обобщающего вывода, столь часто оказывается ложным. В этих условиях... целостное интуитивное суждение о существе вопроса, быть может вовсе пренебрегающее попадающим в поле зрения «доказательным» материалом, достовернее, чем интуитивное же заключение о достаточности, об убедительности доступного «логического» элемента, который в действительности чрезмерно беден. Нетрудно видеть, что этот пример точно моделирует опасную ситуацию, нередко возникающую в экономических, стратегических и других подобных проблемах, когда их пытаются формализовать, учитывая лишь доступную — и недостаточную — исходную информацию».

Конечно, интуиция, как инструмент познания, будет еще более глубоко понята и развита. Однако автор данной работы исходит из того, что prerogative интуиции в области содержательного познания не являются абсолютными или по меньшей мере нечто может быть дано ей в помощь. Это нечто есть, во-первых, некоторый способ (система) представления содержательного знания, учитывающий принципиальную особенность этого знания — его готовность принимать любые новые аспекты реальности в дополнение к уже известным. И во-вторых, это — операциональный критерий целостности таким образом представленного знания, действующий на структуре последнего.

ПОНЯТИЕ ОРГАНИЧЕСКИ ЦЕЛОСТНОГО СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО ЗНАНИЯ КАК ПРЕДМЕТ ОПЕРАЦИОНАЛИЗАЦИИ

В качестве атрибута правильного содержательного знания будет иметься в виду органическая целостность последнего. Органическое целое — это высший тип целостности, которым может характеризоваться реальность для познающего интеллекта. Такой тип целостности возникает при содержательном рассмотрении природных систем, живых организмов, общественных формаций. Его дают также художественные и музыкальные образы.

Ниже будет изложен способ, с помощью которого всякое содержательное знание, приобретаемое познающим интеллектом, выносится наружу (эксплицируется) в некоторой коммуникативной, доступной для других форме, и, будучи представленным в такой форме, оно являет свою целостность или нецелостность после прохождения некоторой процедуры. И представление, и процедура, о которых идет речь, могут быть реализованы на компьютере, что особенно важно, поскольку лишь большие массивы такого знания могут играть существенную роль в попытках решить комплекс общественно значимых проблем. В этом будет состоять операционализация. Неизбежно включая в себя формальные моменты, она тем не менее не приводит к формально-модельному знанию. Знание останется открытым, т. е. потенциально многоаспектным. Сохраняется лишь форма представления знания и форма проверки его на целостность.

Операциональное приближение к понятию органически целостного знания любой природы базируется на следующих трех идеях:

- представление знания как дискретного образования;
- постулирование определенной закономерности в структуре этого образования (статический аспект целостности);
- воспроизведение развития этого образования от некоторого организующего начала (динамический аспект целостности).

Образ целостности, который возникает на базе этих трех идей, соответствует диалектической традиции, и это показывается ниже.

Первая идея (о дискретной структуре). Имеется в виду знание или представление, которое формирует интеллект, постигающий реальность. В предлагаемой схеме это знание эксплицируется т. е. выносится наружу. Экспликация выполняется с помощью естественного языка, но не в виде текс-

та, а как более богатая система высказываний или «понятий» (технический термин). С помощью этих элементов системы называются распознаваемые черты реального бытия. Элементы взаимосвязаны, соотнесены друг с другом, и целостность — продукт этих взаимосвязей. В марксистской диалектике взаимные связи выражают не только и не столько функциональные зависимости, сколько взаимную обусловленность элементов [1, 2]. Взаимосвязь двух элементов означает, что существование одного из них является условием существования другого и наоборот. Говорят, что элементы целого даны лишь в контексте принадлежности к этому целому [7]. Каждая связь элемента «высвечивает» некоторую одну сторону или аспект его существования, как бы утверждая, что в одном отношении этот элемент ЕСТЬ то, на что указывает данная связь. И в этих указаниях, а не в его словесном обозначении состоял бы ответ на вопрос, чем же является данный элемент. В органической целостности элементы индивидуализированы (дифференцированы [1]) через систему взаимосвязей.

Свободное от всяких априорных условий включение в систему любого нового элемента, коль скоро тот различен в познаваемом бытии как связанный с уже включенными в нее элементами, соотносящийся с ними, — первый принцип содержательного знания как открытой системы.

Вторая идея (о структуре целостных образований — статический аспект целостности). Целостность отличается по некоторой закономерности в ее структуре. Выражаясь образно, эта закономерность видится в том, что целостнообразующим фактором является *круг*, т. е. органическая целостность — это нечто большее, чем отсутствие примитивной нецелостности, состоящей в раздробленности на отдельные куски. Нераздробленность равна существованию цепочки взаимосвязей для любых двух элементов. Для органической целостности одной такой цепочки для каждого двух элементов недостаточно, необходимы две, образующие круг (цикл).

Речь идет, конечно, не о «порочном круге»: возвращение к исходной мысли о предмете каждый раз происходит на новой орбите, по новым различным элементам, и тем самым интеллект обогащает свое представление о предмете, конкретизирует его.

Ту же цикличность можно выразить иначе. Если один элемент целостности выделяется субъектом как прямая или косвенная причина (условие) другого, то должно быть видно, что и этот другой каким-то своим путем выступает как причина первого. Взаимная зависимость частей в органическом целом как бы такова, что она уподобляется не линейному

причинному ряду, а своеобразному кругу, в котором каждый элемент является условием другого и обусловлен им [1, с. 79; 2]. Такое понимание «цикличности» в последнее время получает свое отражение в работах по системной методологии [5, 8].

Третья идея (о воспроизведении развития). Органическое целое — это наиболее сложная форма целостного образования, при которой целое реализует свою способность к саморазвитию, проходя последовательные стадии прогрессивного усложнения и дифференциации [1, с. 52]. Ниже речь пойдет о развитии целостного содержательного знания в *логическом* плане — о стадиях и переходах структуризированной массы знания, саморазвивающейся как органическая целостность.

Познание органического целого есть восхождение от абстрактного к конкретному, движение от менее содержательного знания к более содержательному — ко все более полному, всестороннему и целостному воспроизведению в знании объекта познания. С одной стороны, имеет место постоянное стремление интеллекта к обладанию целостным знанием предмета, а с другой — непрерывное вторжение в это знание новых различных элементов (из-за открытости знания); новые элементы со своими связями нарушают целостность, побуждая тем самым искать другие новые элементы, и так без конца.

Ключом к операционализации нарисованной картины можно считать следующее положение [1, с. 71]:

«Было бы большим упрощением и ошибкой считать, что становящееся органическое целое образуется из тех же частей, какие функционируют в развитом целом. В процессе возникновения органического целого между первичными компонентами создается система взаимосвязей, имеющая с самого начала характер целостной структуры, вначале простой, затем все более усложняющейся».

Опираясь на это положение, можно воспроизвести ход развития органически целостного знания. И выявление возможности реконструировать такое развитие в какой-либо данной структуре знания, т. е. определение по наличным элементам и связям того, допускает ли данная структура такую свою логическую историю, будет отражать динамический аспект целостности.

Органическое целое должно быть таковым в каждой стадии процесса своего развития или становления. Значит, имеется некий инвариант относительно этого процесса. Естественно считать таким инвариантом циклическую закономерность в структуре, т. е. рассмотренный выше статический

аспект целостности. Следовательно, динамический аспект целостности (воспроизведение развития) реализуем в некоторой данной структуре знания, если ее можно представить как последнюю в ряду своих подструктур, каждая из которых, кроме исходной, содержит предыдущую, как бы вырастая из нее, и обладает циклической закономерностью. Если такое воспроизведение допускает лишь часть данной структуры, то эта часть предстает как целостность, окруженная «виртуальными» элементами.

Что же касается начальной структуры в этом ряду, то в реальном процессе содержательного познания (в процессе восхождения от абстрактного к конкретному) началом служит некоторая мысль о познаваемом, схватывающая какие-то немногие стороны бытия его. Начальная мысль служит генетической предпосылкой процесса познания; она выражает некоторый синтез отправных абстракций, является абстрактным (бедным по содержанию), но целостным образом воспроизводимого предмета. При данности некоторой уже развитой структуры знания реальное начало содержится в ней как небольшая подструктура.

ОПЕРАЦИОНАЛИЗАЦИЯ И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

На основании изложенного представление и целостность содержательного знания могут быть описаны математически, а именно на языке теории графов.

Неориентированный граф называется *двусвязным*, если:

(1) для того чтобы этот граф стал несвязным, из него нужно удалить по меньшей мере две вершины; или

(2) любые две вершины этого графа принадлежат некоторому общему простому циклу; или

(3) любая вершина и любое ребро этого графа принадлежат некоторому общему простому циклу.

Это три эквивалентных определения (см. [10]). Первое приводится как стандартное, а что касается (2) и (3), то это математические выражения статического аспекта целостности (циклической закономерности). Действительно, с помощью (2) можно реализовать круговую взаимную зависимость любых двух элементов, а с помощью (3) — возвращение мысли, обогащенной новым элементом (конкретизированной), в исходное абстрактное представление о познаваемом, задаваемое некоторым ребром графа. Операциональное приближение к понятию содержательной целостности оказывается возможным на базе следующих двух принципов.

Первый принцип (представление знания). Содержательное знание представляется в виде неориентированного графа, вершинам которого взаимнооднозначно соответствуют элементы знания, а ребрам — взаимосвязи этих элементов. Каждый элемент знания предварительно выражен на естественном языке в виде слова или словосочетания. С помощью таких выражений («понятий») фиксируются, называются различные черты познаваемого. Непосредственно взаимные связи элементов (ребра графа) по смыслу близки к связкам типа ЕСТЬ, которые являются основными в семантических сетях, используемых для представления знаний в ИИ-системах [12].

Второй принцип (постулат целостности). Граф представления соответствует целостному содержательному знанию, если он может быть получен как последний в ряду своих подграфов. Первым членом этого ряда служит некоторое ребро данного графа, а каждый следующий подграф является двусвязным и получается из предыдущего добавлением некоторой вершины данного графа (речь идет о так называемых порожденных подграфах [10]). Движение от конца этого ряда к его началу выражалось бы в таком удалении вершин из данного графа, что получаемые при этом подграфы, монотонно уменьшаясь по размеру, сохраняли бы свойство двусвязности (присущее данному графу).

Этот принцип как бы объединяет статический и динамический аспекты целостности. Чтобы сделать его проверяемым для любого данного графа, вводится процедура развертки графа.

Развертка — это некоторое упорядочение вершин графа. Как последовательность, она определяется по индукции. Первые две развернутые вершины, начало развертки, есть некоторое ребро данного графа. Пусть какое-то множество вершин уже развернуто. Тогда в качестве очередной в развертку добавляется такая вершина данного графа, которая смежна по меньшей мере с двумя уже развернутыми вершинами; если среди неразвернутых вершин такой не оказывается, развертка закончена.

Можно доказать, что выполнение второго принципа для любого данного графа эквивалентно существованию развертки этого графа из некоторого его ребра. В любой момент уже развернутые вершины порождают двусвязный подграф данного графа.

Конечно, не всякий граф (и не всякий двусвязный граф, как, например, цикл) имеет развертку всех своих вершин из какого-нибудь ребра. Может развертываться лишь часть вершин. Тогда лишь эта часть, точнее, подграф, порождает

мый этой частью, рассматривается как представление целостности. Длина развертки определяется начальным ребром и структурными свойствами графа. Изучались необходимые и достаточные условия, при которых граф имеет полную развертку, а также другие вопросы математического характера, («относительная важность» отдельных элементов знания, их индивидуализация в контексте различных мер структурной сложности графа, устойчивость развертки (целостности) к возможным ошибкам в определении взаимосвязей элементов и др.)

Представление содержательного знания большими графами и систематическое исследование последних с помощью развертки составляет практическую суть так называемого *логико-смыслового метода* (см., например, [4]). Этот метод ориентирован на использование компьютеров, для которых графовое представление является очень удобным, а основной алгоритм — алгоритм развертки — без особых трудностей получает программную реализацию. Изложенное выше можно рассматривать как вклад в теоретическую базу подобного рода практики.

Рассмотренная операционализация содержательного знания может иметь разнообразные применения, возможность которых была продемонстрирована в работах, опиравшихся на логико-смысловой метод. В качестве примеров можно назвать взаимную увязку предложений по совершенствованию управления строительной отраслью народного хозяйства [4], формирование иерархических планов целеустремленной деятельности и установление приоритетов в заданной проблемной области или системе неформальных проблем, где проблемы выступают как элементы знания, а также автоматизированное построение связанных текстов из многоаспектных высказываний — элементов.

В наши дни компьютер уже оказывается способным различать «неполное, но целостное» знание и служить помощником интуитивному познанию в котором она особенно нуждается при больших массивах многоаспектного знания. Представляется, что именно это имел в виду Дж. Кларк, когда писал о слишком сложных системах, которые «сопротивляются» интуитивному целостному постижению, и о том, что необходимы комплексы соответствующих методологических средств, позволяющих компьютеру симбиотически дополнить человеческий мозг и стать усилителем интуиции [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Блауберг И. В.* Проблема целостности в марксистской философии. М.: Высш. шк., 1963.
2. *Блауберг И. В., Юдин Б. Г.* Часть и целое.— В кн.: Филос. энцикл. словарь, 1983.
3. *Иванов Ю. П., Лотов А. В.* Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979.
4. *Иванов В. Г., Субботин М. М.* Анализ и совершенствование комплексных решений с использованием ЭВМ на основе метода логико-смыслового моделирования. М.: Акад. нар. хоз-ва, 1978.
5. *Кашеварова А. Е.* О «парадоксах» системного мышления и об условиях их возникновения.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 147—162.
6. *Клир Дж.* Наука о системах: Новое измерение науки.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, с. 61—85.
7. *Смирнов Г. А.* Основы формальной теории целостности (часть первая).— В кн.: [5], с. 91—127.
8. *Смирнов Г. А.* Основы формальной теории целостности (часть третья).— В кн. [6], с. 125—151.
9. *Фейнберг Е. Л.* Кибернетика, логика, искусство. М.: Радио и связь, 1981.
10. *Харари Ф.* Теория графов. М.: Мир, 1973.
11. *Asckoff R. L.* The systems revolution.— Long Range Planning, 1974, vol. 7, N 6, p. 2—20.
12. *McCalla G., Cercone N.* Approaches to knowledge representation.— Computer (Special Issue on Knowledge Representation), 1983, vol. 16, N 10, p. 12—18.

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ (II)

В. Б. ГИСИН, М. Ш. ЦАЛЕНКО

В первой части настоящей работы [3] было начато систематическое изложение различных результатов математической теории систем на основе структурной теории упорядоченных категорий с инволюцией, или *OI*-категорий. Областью приложений служили категории бинарных отношений множеств (категория систем), категория линейных систем над ассоциативным кольцом с единицей, категория нечетких систем и категория байесовских систем.

В этой работе сначала показывается, что произвольная система $S: X \rightarrow Y$ в *OI*-категории, как правило, наделяет объекты X и Y дополнительными структурами (предпорядком, порядком, эквивалентностью, толерантностью), согласованными с S . Изучение этих структур приводит к понятию неприводимой системы, т. е. системы, в которой входные воздействия различаются по совокупности выходных сигналов, и наоборот. Показано, что для каждой системы имеется «наибольшая» неприводимая факторизация, которая для случая систем множеств всегда может быть расширена до булевой неприводимой системы с сохранением порядков на X и Y . Порядки на X и Y отражают направление абстракции от частного к общему при интерпретации X как множества объектов, а Y — как множества признаков, свойств. Одновременно установлено, что всякое бинарное отношение $S: X \rightarrow Y$ представимо как отношение включения подмножеств в булевой алгебре, подмножеств некоторого множества. Этот результат вскрывает принципиальные трудности математического моделирования семантики конкретных отношений в рамках классической категории систем множеств.

Другим следствием структурных рассмотрений является элементарное распространение теоремы Марчевского [16] о представимости произвольного графа графом пересечений на общий случай категории соответствий. Во втором разделе построено расширение произвольной *OI*-категории до такой категории, в которой эквивалентности обладают точными реализациями, и перечислены некоторые общие свойства этой конструкции. Третий раздел посвящен специально категории нечетких систем. Показано, что описанная во втором

разделе конструкция позволяет вложить категорию нечетких систем в категорию соответствий, что позволяет изучать глобальные реакции нечетких систем и их факторизации так же, как и для «четкого» случая.

Следует отметить, что категория нечетких систем является частным случаем общей конструкции категории Ω -систем, где Ω — полная, дистрибутивная относительно объединений решетка, или полная гейтингова алгебра. В «нечетком» случае роль Ω играет отрезок $[0, 1]$. Эта конструкция описана в [4] и широко используется в интуиционистской логике. Недавно была обнаружена ее полезность в математической теории баз данных с неполной информацией. Авторы предполагают подробно остановиться на этих применениях в следующей работе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ, ИНДУЦИРУЕМЫЕ СИСТЕМАМИ

В [3] системой S в упорядоченной категории с инволюцией \mathcal{C} , или OI -категории, мы назвали произвольный морфизм $S: X \rightarrow Y$ со «входом» X и «выходом» Y . Морфизмом системы S в систему $T: U \rightarrow V$ называется пара $\Phi = (f, g)$, состоящая из функциональных морфизмов $f: X \rightarrow U$, $g: Y \rightarrow V$ и удовлетворяющая включению $Sg \subset fT$. Напомним, что морфизм f функционален, если $ff^* \supseteq 1_X$ и $f^*f \subset 1_U$; f — проекция (инъекция), если дополнительно $f^*f = 1$ ($ff^* = 1$).

В категории бинарных отношений множеств Rel условие $Sg \subset fT$, как легко видеть, равносильно импликации $(x, y) \in S \Rightarrow (f(x), g(y)) \in T$, которая показывает, что наше определение морфизма систем согласовано с обычным определением гомоморфного отображения моделей [9].

Морфизм $\Phi = (f, g)$ называется строгим, если $Sg = fT$, и симметричным, если $S^*f = gT^*$, т. е. $\Phi = (g, f)$ одновременно является морфизмом системы S^* в систему T^* . Если f и g являются проекциями (инъекциями), то Φ называется проекцией (инъекцией).

В силу свойств инволюции равенство $S^*f = gT^*$ равносильно равенству $f^*S = Tg^*$, которое показывает, что для симметричного морфизма Φ квадрат

$$\begin{array}{ccc} X & \xrightarrow{S} & Y \\ f \downarrow & & \downarrow g \\ U & \xrightarrow{T} & V \end{array} \quad (1)$$

вполне коммутативен, т. е. в нем равны пути, соединяющие при помощи S, f, g, T и их инволюций любую пару противоположных вершин.

При очень общих предположениях о категории \mathcal{C} всякая система S наделяет X и Y дополнительными структурами, которые более точно выражают характер взаимосвязи между элементами X и Y , устанавливаемой системой. Изучению этих структур и их интерпретации посвящен настоящий раздел.

Предпорядки, индуцируемые системой. Пусть $S : X \rightarrow Y$ — система в OI -категории \mathcal{C} . Морфизм $\xi \in \mathcal{C}(X, X)$ назовем левой единицей системы S , если $\xi S = S$. Обозначим через $\mathcal{U}_l(S)$ множество всех левых единиц системы S . Аналогично определяются правые единицы и множество правых единиц $\mathcal{U}_r(S)$. Очевидно, что инволюция устанавливает изоморфизм упорядоченных множеств $\mathcal{U}_r(S)$ и $\mathcal{U}_l(S^\#)$. Легко заметить, что множества $\mathcal{U}_l(S)$ и $\mathcal{U}_r(S)$ замкнуты относительно композиции и содержат $1_X, 1_Y$ соответственно, т. е. являются моноидами.

Если в множестве $\mathcal{U}_l(S)$ существует наибольший элемент λ , то λ — предпорядок (т. е. $\lambda^2 = \lambda \supset 1_X$ [3]).

Действительно, $1_X \in \mathcal{U}_l(S)$ и, значит, $1_X \subset \lambda$. Далее $\lambda^2 \in \mathcal{U}_l(S)$, поскольку $\lambda \in \mathcal{U}_l(S)$, откуда $\lambda^2 \subset \lambda$. Обратное включение вытекает из соотношения $1_X \subset \lambda$. Аналогичным образом наибольший элемент ρ в множестве $\mathcal{U}_r(S)$ (если он существует) является предпорядком.

Будем говорить, что система S индуцирует предпорядки, если множества $\mathcal{U}_l(S)$ и $\mathcal{U}_r(S)$ имеют наибольшие элементы, а сами эти элементы называть индуцированными предпорядками. Если система $S : X \rightarrow Y$ индуцирует предпорядки λ и ρ , то система $S^\# : Y \rightarrow X$ индуцирует предпорядки $\rho^\#$ и $\lambda^\#$.

Таким образом, для индуцированных предпорядков λ и ρ

$$\lambda S = S = S \rho \quad (2)$$

и для любого $\lambda' (\rho')$, для которого $\lambda' S = S (S \rho' = S)$, справедливо соотношение $\lambda' \subset \lambda (\rho' \subset \rho)$.

В категориях бинарных отношений множеств Rel , нечетких бинарных отношений Fug и линейных систем Lig_K над ассоциативным кольцом с единицей K всякая система индуцирует предпорядки.

Мы дадим конструктивные описания этих предпорядков, которые вскрывают их смысл.

Пусть X, Y — множества и $S : X \rightarrow Y$ — система в категории Rel , т. е. $S \subset X \times Y$ — бинарное отношение. Определим на множестве X отношение λ формулой

$$(x, x') \in \lambda \Leftrightarrow S(x) \supset S(x') \quad (3)$$

и покажем, что λ — предпорядок, индуцированный системой S . Отношение λ , очевидно, рефлексивно, так что $\lambda S \supset S$. Докажем обратное включение. Если $(x, y) \in \lambda S$, то существует $x' \in X$ такой, что $(x, x') \in \lambda$ и $(x', y) \in S$. Тогда $y \in S(x')$ и, значит, $y \in S(x)$, поскольку $S(x') \subset S(x)$, так что $(x, y) \in S$. Следовательно, $\lambda S \subset S$ и $\lambda S = S$. Пусть теперь $\xi \in \mathcal{U}_l(S)$. Если $(x, x') \in \xi$, то для любого $y \in S(x')$ имеем $(x, y) \in \xi S = S$, т. е. $y \in S(x)$. Следовательно, $S(x') \subset S(x)$ и, значит, $(x, x') \in \lambda$. Таким образом, $\xi \subset \lambda$. Значит, λ — наибольший элемент в $\mathcal{U}_l(S)$.

Рассмотрим теперь систему $S^\# : Y \rightarrow X$. Как было только что показано, система $S^\#$ индуцирует предпорядок на Y . Инволюция этого предпорядка, очевидно, является предпорядком ρ , индуцируемым системой S на Y . Применяя (3) к $\rho^\#$ и $S^\#$ и заменяя $\rho^\#$ на ρ , получаем

$$(y, y') \in \rho \Leftrightarrow S^\#(y) \subset S^\#(y'). \quad (4)$$

Пусть, по-прежнему, X, Y — множества, а $S : X \rightarrow Y$ — система в категории Fuz , т. е. S — нечеткое подмножество в $X \times Y$ с функцией принадлежности $\mu_S : X \times Y \rightarrow [0; 1]$. Положим

$$\mu(x, x', y) = \begin{cases} 1 & \text{при } \mu_S(x', y) \leq \mu_S(x, y) \\ \mu_S(x, y) & \text{в противном случае}^2. \end{cases}$$

Далее, пусть λ — нечеткое соответствие на X с функцией принадлежности

$$\mu_\lambda(x, x') = \inf_y \mu(x, x', y). \quad (5)$$

Поскольку $\mu(x, x', y) = 1$ при любых x и y имеем, $\mu_\lambda(x, x) = 1$, и, значит, соответствие $\lambda \subset X \times X$ рефлексивно. Покажем, что $\lambda S \subset S$ и тем самым что $\lambda S = S$. Так как $\mu_\lambda(x, x') \wedge \mu_S(x', y) \leq \mu(x, x', y) \wedge \mu_S(x', y) \leq \mu_S(x, y)$, то $\mu_{\lambda S}(x, x') = \sup_{x'} (\mu_\lambda(x, x') \wedge \mu_S(x', y)) \leq \mu_S(x, y)$, и, значит, $\lambda S = S$. Пусть теперь φ — нечеткое соответствие на X и $\varphi S = S$. Из последнего равенства следует, что

¹ Как всегда, $S(x)$ обозначает образ x относительно S , т. е. $S(x) = \{y \mid (x, y) \in S\}$.

² Интерпретация функции $\mu(x, x', y)$ — импликация $\mu_S(x', y) \rightarrow \mu_S(x, y)$ в гейтинговой алгебре $[0, 1]$.

$\mu_\varphi(x, x') \wedge \mu_S(x', y) \leq \mu_S(x, y)$ для любых $x, x' \in X$ и $y \in Y$. Но тогда $\mu_\varphi(x, x') \leq \mu(x, x', y)$, откуда $\mu_\varphi(x, x') \leq \mu_\lambda(x, x')$. Следовательно, $\varphi \subset \lambda$. Таким образом, λ — наибольший морфизм в $\mathcal{U}_l(S)$, т. е. λ — предпорядок, индуцированный системой $S: Y \rightarrow Y$ на X . Согласно доказанному, система $S^\#: Y \rightarrow X$ индуцирует предпорядок на Y . Его инволюция — предпорядок, индуцируемый системой S . Таким образом, доказано, что всякая система в категории Fur индуцирует предпорядки.

В категории Lir_K линейных систем над ассоциативным кольцом с единицей K всякая система $S: X \rightarrow Y$ удовлетворяет равенству $S = SS^\#S$. (см. [7]). Поэтому всякий рефлексивный морфизм является эквивалентностью. Можно проверить, что морфизм $\lambda = \Delta_X \cup SS^\#$ является предпорядком, индуцированным S на X . Этот предпорядок (или эквивалентность) описывается формулой

$$x\lambda x' \Leftrightarrow (x - x', 0) \in S, \quad (6)$$

которая показывает, что сравнимые элементы лежат в одном смежном классе ядра S , т. е. подмодуля $K(S) = \{x \mid (x, 0) \in S\}$ модуля X (см. [3]).

Таким образом, в категории Lir_K предпорядок, индуцируемый S , оказывается эквивалентностью, которая определяется гомоморфизмом на фактор-модуль $X/K(S)$. Аналогично предпорядок на Y определяется гомоморфизмом на фактор-модуль $Y/K(S^\#)$.

Формулы (3) и (4) позволяют интерпретировать предпорядки λ и ρ на X и Y как отношения обобщения или абстракции. Действительно, если множество X есть множество наблюдаемых объектов, то предпорядок λ указывает направление абстракции: абстракция, «огрубление» $x \in X$ — это объект x' с меньшим числом свойств, чем у x , поскольку $S(x) \supset S(x')$. Дуально свойство $y' \in Y$ является более общим, чем свойство $y \in Y$, т. е. $(y, y') \in \rho$, если «объем» этого свойства в S , т. е. $S(y')$ больше «объема» y в S . Таким образом, формулы (3) и (4) соответствуют привычным направлениям абстракции при интерпретации S как некоторого множества упорядоченных пар (объект, свойство объекта).

В линейных системах сравнимые элементы образуют непересекающиеся, «одинаковые по количеству» совокупности элементов, которым соответствует один и тот же объем информации.

В нечетких системах индуцированный предпорядок является обобщенной импликацией, что хорошо согласуется со случаем обычных бинарных отношений.

Ядро системы. Пусть снова \mathcal{C} — произвольная OI -категория. Ядром системы $S : X \rightarrow Y$ будем называть максимальную эквивалентность из множества $\mathcal{U}_I(S)$. Ядро системы S (если оно существует) будем обозначать $\text{Ker } S$. Заметим, что $\text{Ker } S^\#$ (в случае его существования) — максимальная эквивалентность в $\mathcal{U}_r(S)$. Систему S будем называть безъядерной (соответственно экстенциональной), если $\text{Ker } S = 1_X$ ($\text{Ker } S^\# = 1_Y$). Так как 1_X — наименьшая эквивалентность, то это определение корректно.

Если система S индуцирует предпорядок λ на объекте X и существует пересечение $\varepsilon = \lambda \cap \lambda^\#$, то $\text{Ker } S = \varepsilon$ и ε — наибольшая эквивалентность в $\mathcal{U}_I(S)$.

Действительно, морфизм ε рефлексивен и симметричен. Далее, $\varepsilon^2 = (\lambda \cap \lambda^\#)(\lambda \cap \lambda^\#) \subset \lambda^2 \cap (\lambda^\#)^2 = \lambda^2 \cap (\lambda^2)^\# = \lambda \cap \lambda^\# = \varepsilon$, так что морфизм ε транзитивен. Наконец, если ξ — эквивалентность из $\mathcal{U}_I(S)$, то $\xi \subset \lambda$ и $\xi = \xi^\# \subset \subset \lambda^\#$, откуда $\xi \subset \lambda \cap \lambda^\# = \varepsilon$.

Из предыдущего следует, что в категориях Rel , Fug и Lig_K каждая система обладает ядром. Для системы $S : X \rightarrow Y$ в категории Rel , используя соотношение (3) и равенство $\text{Ker } S = \lambda \cap \lambda^\#$, получаем

$$(x, x') \in \text{Ker } S \Leftrightarrow S(x) = S(x'). \quad (7)$$

Таким образом, система $S : X \rightarrow Y$ в категории Rel безъядерна тогда и только тогда, когда

$$S(x) = S(x') \Rightarrow x = x'$$

и экстенциональна тогда и только тогда, когда

$$S^\#(y) = S^\#(y') \Rightarrow y = y'.$$

Таким образом, безъядерная система S определяет инъективное отображение $x \mapsto S(x)$ множества X в булеан множества Y .

В случае линейных систем, как уже отмечалось, всякий предпорядок является эквивалентностью. Поэтому ядро системы совпадает с индуцированным предпорядком на X . Так как в линейных системах всякая эквивалентность однозначно определяется подмодулем сравнимых с нулем элементов, который, как легко установить с помощью (6), совпадает для индуцированного предпорядка с подмодулем $K(S)$, то введенное выше определение ядра системы уточняет понятие ядра линейной системы,* данное в [9].

Пусть в \mathcal{C} каждая система индуцирует предпорядок. Если $\Phi = (f, g)$ — строгая проекция системы $S : X \rightarrow Y$ в систему $T : U \rightarrow V$ и λ_S, λ_T — предпорядки, индуцирован-

ные на S и T соответственно, то $\Phi_f = (f, f)$ — морфизм системы $\lambda_S : X \rightarrow X$ в систему $\lambda_T : U \rightarrow U$.

Действительно, в силу (1) $f^\# \lambda_S f T = f^\# \lambda_S S g = f^\# S g = = f^\# f T = T$, откуда $f^\# \lambda_S f \subset \lambda_T$ и $\lambda_S f \subset f f^\# \lambda_S f \subset f \lambda_T$, что и утверждалось.

Значит, если Φ — симметричная проекция, то $\rho_S g \subset \subset g \rho_T$. Таким образом, диаграмма (1) допускает в случае симметричной проекции следующее расширение:

$$\begin{array}{ccccccc} & \lambda_S & S & \rho_S & & & \\ X & \longrightarrow & X & \longrightarrow & Y & \longrightarrow & Y \\ f \downarrow & & f \downarrow & & \downarrow g & & \downarrow g \\ U & \longrightarrow & U & \longrightarrow & V & \longrightarrow & V \\ & \lambda_T & T & \rho_T & & & \end{array}$$

Кроме того, $\lambda_S^\# f \subset f \lambda_T^\#$, так как $\lambda_S^\# = \rho_S^\#$ и морфизм Φ симметричен. Если в \mathcal{C} существуют пересечения морфизмов, то, как показано выше, каждая система в \mathcal{C} обладает ядром. Пусть θ_S, θ_T — ядра систем S и T соответственно. Тогда $\theta_S = \lambda_S \cap \lambda_S^\#$, $\theta_T = \lambda_T \cap \lambda_T^\#$ и в силу установленных выше неравенств

$$\begin{aligned} \theta_S f &= (\lambda_S \cap \lambda_S^\#) f \subset \lambda_S f \cap \lambda_S^\# f = f \lambda_T \cap f \lambda_T^\# = \\ &= f (\lambda_T \cap \lambda_T^\#) = f \theta_T. \end{aligned}$$

В этой последовательности преобразований мы используем дистрибутивность слева функциональных морфизмов относительно пересечений [3].

Таким образом, морфизм $\Phi_f = (f, f)$ является также морфизмом системы $\theta_S : X \rightarrow X$ в систему $\theta_T : T \rightarrow T$.

Неприводимые системы. Систему $S : X \rightarrow Y$ в произвольной OI -категории \mathcal{C} будем называть неприводимой, если она одновременно безъядерна и экстенциональна. Если неприводимая система S индуцирует предпорядки λ и ρ и существуют пересечения $\lambda \cap \lambda^\#$ и $\rho \cap \rho^\#$, то выше было показано, что $1_X = \text{Ker } S = \lambda \cap \lambda^\#$ и $1_Y = \text{Ker } S^\# = \rho \cap \rho^\#$. Следовательно, λ и ρ оказываются порядками, а объекты X и Y наделяются упорядоченностью.

Предположим, что в категории \mathcal{C} каждая система обладает ядром и каждая эквивалентность $\theta : X \rightarrow X$ представима в виде $\theta = p p^\#$ для некоторой проекции $p : X \rightarrow Z$, другими словами, мы предполагаем выполнение в \mathcal{C} аксиомы (LE) [3]. Рассмотрим эквивалентности $\text{Ker } S$ и $\text{Ker } S^\#$. Для них существуют такие проекции $p : X \rightarrow O_S$ и $q : Y \rightarrow \rightarrow P_S$, что $\text{Ker } S = p p^\#$ и $\text{Ker } S^\# = q q^\#$. Положим $S_0 =$

$= p^\#Sq : O_S \rightarrow P_S$. Тогда $pS_0 = pp^\#Sq = (\text{Ker } S)Sq = Sq$, так как $\text{Ker } S \in \mathcal{U}_l(S)$. Таким образом, построена коммутативная диаграмма

$$\begin{array}{ccc} & S & \\ X & \longrightarrow & Y \\ p_S \downarrow & & \downarrow q_S \\ O_S & \xrightarrow{S_0} & P_S \end{array}$$

определяющая строгую проекцию $\Phi_S = (p_S, q_S)$ системы S на систему S_0 . Кроме того, $S_0q_S^\# = p_S^\#Sq_Sq_S^\# = p_S^\#S$, так как $q_Sq_S^\# \in \mathcal{U}_r(S)$. Следовательно, морфизм Φ симметричен.

Покажем, что система S_0 неприводима. Действительно, пусть $\theta = \text{Ker } S_0$. Положим $\theta_1 = p_S\theta p_S^\#$. Тогда

$$\theta_1 S = p_S\theta p_S^\# S = p_S\theta S_0 q_S^\# = p_S S_0 q^\# = S q_S q_S^\# = S,$$

откуда $\theta_1 \subset \text{Ker } S = p_S p_S^\#$. Следовательно, $p_S\theta p_S^\# \subset p_S p_S^\#$. Умножая это включение слева на $p_S^\#$ и справа на p_S и пользуясь равенством $p_S^\# p_S = 1$, получим $\theta \subset 1$. Так как обратное включение также справедливо, то $\theta = 1$, т. е. система S_0 безъядерна. В силу принципов двойственности система S_0 экстенциональна.

В случае категории Rel множество O естественно называть множеством «абстрактных» объектов системы S . Это определение указывает на то обстоятельство, что, наблюдая Y , можно «различать» элементы из X с точностью до эквивалентности $\text{Ker } S$, т. е. система S позволяет различать элементы только из O . Дуально, множество P естественно называть множеством «абстрактных» свойств. Здесь проявляется различие в интуитивном понимании «объектов» и «свойств». Более того, хотя для системы $S : X \rightarrow Y$ множества X и Y могут совпадать, для системы S_0 множества O и P , как правило, различны и в общем случае не пересекаются, что и оправдывает интуитивное различие объектов и свойств.

Вернемся снова к OI -категории \mathcal{C} , удовлетворяющей аксиоме (LE) и обладающей ядрами систем. Следующее утверждение описывает связь между системами S и S_0 .

Пусть $\Phi = (f, g)$ — строгая симметричная проекция системы $S : X \rightarrow Y$ в систему $T : U \rightarrow V$. Тогда существует однозначно определенная строгая симметричная проекция $\Phi_0 = (f_0, g_0)$ системы $S_0 : O_S \rightarrow P_S$ в систему $T_0 : O_T \rightarrow P_T$, для которой $\Phi\Phi_T = \Phi_S\Phi_0$.

Наметим доказательство этого утверждения. Положим $f_0 = p_S^{\#} f p_T: O_S \rightarrow O_T$. Выше показано было, что $\theta_S f \subset \subset f \theta_T$. Поэтому

$$p_S f_0 = p_S p_S^{\#} f p_T = \theta_S f p_T \subset \subset f \theta_T p_T = f p_T p_T^{\#} p_T = f p_T.$$

Но в OI -категориях функциональные морфизмы несравнимы. Значит, $p_S f_0 = f p_T$. Аналогично строится g_0 . Таким образом, построен строгий морфизм Φ_0 . Проверку остальных утверждений мы опускаем.

В качестве следствия получаем следующее утверждение: если при выполнении условий предыдущего предложения T — неприводимая система, то $\Phi = \Phi_S \Phi_0$.

Полученное следствие можно выразить следующим образом: система S_0 является «наибольшей» неприводимой системой, на которую строго симметрично проектируется система S . Это следствие показывает, что система S_0 определяется системой S с точностью до изоморфизма. Тем самым мы приходим к следующему определению.

Неприводимая система T называется схемой системы S , если она изоморфна системе S_0 . Система S называется интерпретацией (или состоянием) схемы T .

Представляет интерес категория интерпретаций некоторой фиксированной схемы. Морфизмы интерпретаций описываются морфизмами $\Phi: S \rightarrow T$, при которых следующая диаграмма коммутативна:

$$\begin{array}{ccc} & \Phi & \\ S & \longrightarrow & T \\ \Phi_S \downarrow & & \downarrow \Phi_T \\ S_0 & = & T_0 \end{array}$$

т. е. $\Phi_S = \Phi \Phi_T$. Морфизм Φ , удовлетворяющий этому условию, назовем стабильным. Для любой системы S со схемой S_0 морфизм Φ_S является единственным стабильным морфизмом из S в S_0 . В частности, для схемы S_0 тождественный морфизм $\text{Id } S_0 = (1_{O_S}, 1_{P_S})$ является единственным стабильным морфизмом в себя. Отсюда вытекает следующее утверждение: для всякого стабильного морфизма $\Phi: S_0 \rightarrow S$ выполняется равенство $\Phi \Phi_S = \text{Id } S_0$. Таким образом, каждый стабильный морфизм схемы в систему является сечением канонической проекции.

Булевы неприводимые системы. Выше было показано, что любая неприводимая система $S: O \rightarrow P$ наделяет объекты O и P упорядоченностью, согласованной с S , т. е. являющейся наибольшей левой (соответственно правой) единицей для S ,

В зависимости от свойств этих порядков можно предложить соответствующую классификацию неприводимых систем.

Рассмотрим, например, категорию Rel бинарных отношений множеств. Если ограничиваться только наиболее употребительными порядками: линейным, иерархическим, древесным, решеткой, булевой решеткой (алгеброй), то будет введено 25 типов систем (относительно порядков в O и P). Назовем неприводимую систему S булевой, если порядки λ_S на O и ρ_S на P превращают O и P в булевы алгебры. Следующий результат выявляет особую роль булевых систем.

Для всякой неприводимой системы $S: O \rightarrow P$ существует такая инъекция $\Phi = (i, j)$ в булеву систему $\bar{S}: \bar{O} \rightarrow \bar{P}$, что вложения i и j монотонны.

Для доказательства сначала построим специальный класс булевых систем. Пусть M — произвольное множество, $B = B(M)$ — булева алгебра подмножеств множества M , \bar{B} — множество B , в котором порядок изменен на противоположный, очевидно, что \bar{B} — булева алгебра. Определим систему $E: \bar{B} \rightarrow \bar{B}$, положив $(X, Y) \in E \Leftrightarrow X \supseteq Y$. Покажем, что E — булева система. Действительно, для любого $X \in \bar{B}$ $E(X) = \{Y \mid Y \subseteq X\}$. Поэтому $E(X) \supseteq E(Y)$ тогда и только тогда когда $Y \subseteq X$ и $X \subseteq Y$ в \bar{B} . Другими словами, порядок в \bar{B} индуцирован системой E . Аналогично $E^{\#}(X) \subset E^{\#}(Y)$ означает, что $X \supseteq Y$, т. е. $X \subseteq Y$ в \bar{B} . Из сказанного также следует, что система E неприводима.

Пусть теперь $S: O \rightarrow P$ — произвольная неприводимая система. Положим $\bar{O} = \bar{B}(\text{Im } S)$, $\bar{P} = \bar{O}$, $\bar{S} = E$. Далее, определим вложения $i: O \rightarrow \bar{O}$, $j: P \rightarrow \bar{P}$, положив

$$i(o) = S(o), \quad j(p) = \{p' \in P \mid p\rho_S p'\}.$$

Отображение i является вложением, так как система S неприводима, отображение j является вложением, так как ρ_S есть отношение порядка. Если $(o, p) \in S$, то $p \in S(o)$ и всякий элемент p' , для которого $p\rho_S p'$, также принадлежит $S(o)$, поскольку $S\rho_S = S$. Значит, $S(o) = i(o) \supseteq j(p) = \{p' \mid p\rho_S p'\}$, т. е. $(i(o), j(p)) \in \bar{S}$. Следовательно, построена инъекция $\Phi = (i, j)$ системы S в булеву систему \bar{S} .

Остается проверить, что инъекции i и j монотонны. Пусть $o_1 \lambda_S o_2$. Это значит, что $S(o_1) \supseteq S(o_2)$ в B , т. е. $S(o_2) \subseteq S(o_1)$ в \bar{O} . Но порядок в \bar{O} индуцирован системой \bar{S} . Поэтому $i(o_1) \lambda_{\bar{S}} i(o_2)$.

Пусть, наконец, $p_1 \rho_S p_2$. Тогда $j(p_1) \supseteq j(p_2)$ и $j(p_1) \subseteq j(p_2)$ в \bar{P} , поскольку порядок в \bar{P} индуцирован \bar{S} .

Сделаем несколько замечаний о семантике алгебры \bar{O} . Во-первых, исходные объекты из O заменяются в \bar{O} набора-

ми их свойств, поскольку эти наборы однозначно определяют объекты. Во-вторых, из полученных наборов с помощью операций объединения, пересечения и дополнения (в $B(\text{Im } S)$) строятся их логически мыслимые комбинации. Поскольку обычно известны не сами объекты, а их свойства, алгебра O фактически есть одновременно язык запросов, построенный из свойств P . В-третьих, изменение естественного порядка по включению в $B(\text{Im } S)$ на противоположный опять совпадает с направлением абстракции от более «конкретных» объектов, которым соответствует большее число свойств, к менее «конкретным» объектам с меньшим числом свойств. В-четвертых, доказанный результат показывает, что любая неприводимая система изоморфно представляется с помощью основного отношения теории множеств — отношения включения подмножеств.

Если множества O и P конечны, то алгебры \bar{O} и \bar{P} порождаются элементами $S(o)$, $o \in O$. Действительно, как известно, атомы булевой алгебры, порожденной множествами $S(o)$, $o \in O$, имеют вид $S(o_1) \cap S(o_2) \cap \dots \cap S(o_k) \cap \cap S(o_{k+1})' \cap \dots \cap S(o_n)'$, где $0 \leq k \leq n$, n — число элементов в O , штрих обозначает дополнение. Допустим, что в какой-то атом попали два элемента p_1 и p_2 . Это в точности означает, что $S^*(p_1) \neq S^*(p_2)$. Но система S неприводима. Поэтому $p_1 = p_2$. Значит, атомы совпадают с элементами p и тем самым множества $S(o)$, $o \in O$, порождают всю алгебру $B(\text{Im } S)$.

Иллюстрации. Существуют два класса систем, алгебраический подход к изучению которых имеет давнюю традицию и целиком основан на теории бинарных отношений множеств, — это автоматизированные информационно-поисковые системы и языковые системы. Для первых основным является отношение включения документом d из множества документов D ключевого слова w из информационно-поискового тезауруса T , т. е. система $S : D \rightarrow T$. Для вторых одним из основных отношений является инцидентность слова (словоформы) w из словаря V контексту t из множества контекстов C , т. е. снова некоторая система $S : V \rightarrow C$. Однако во втором случае при использовании в контекстах «обобщенных» слов, которые описываются семантическими и грамматическими характеристиками, S рассматривается как нечеткое соответствие.

В системе $S : D \rightarrow T$ множество $S(d)$ называется поисковым образом документа d . Отношение $\text{Ker } S$ объединяет в классы эквивалентности документы с одинаковыми поисковыми образами. Эквивалентные документы одновременно релевантны или нерелевантны любому запросу.

Обычно тезаурус T снабжен иерархической структурой, отражающей родовидовые отношения. Проведенное выше общее обсуждение направления абстракции в системах показывает, в частности, что эта структура должна быть согласованной с S , т. е. принадлежать множеству $\mathcal{U}_r(S)$ правых единиц для S . Эквивалентность $\text{Ker } S^\#$ устанавливает отношение экстенциональной синонимии между ключевыми словами (в отличие от интенциональной синонимии, априорно задаваемой в T). Очевидно, что интенционально синонимичные слова должны быть всегда экстенционально синонимичны, т. е. интенциональная синонимия тоже согласована с S .

Фактор-множество \bar{T} множества T по отношению к интенциональной синонимии состоит из дескрипторов, логические комбинации которых соответствуют булевой алгебре $B(\bar{T})$, которая описывает язык запросов к системе. Каждый запрос можно трактовать как имя абстрактного объекта, которому в системе S соответствует множество его состояний — документов, поисковый образ которых в точности состоит из ключевых слов из заданного множества дескрипторов.

В базе данных ИПС обычно хранится «инверсная» система $S^\# : T \rightarrow D$ (или ее суррогат), позволяющая оптимизировать поиск документов из D . Алгебраические модели организации и поиска информации, основанные на использовании булевых алгебр T и $B(D)$, описаны в [10, 11, 14].

В случае систем $S : V \rightarrow C$ понятие ядра системы позволяет легко ввести важное для математической лингвистики понятие производного отношения. Пусть каждой эквивалентности ε на V сопоставлена эквивалентность $\bar{\varepsilon}$ на C таким образом, что выполнены следующие условия: а) если $\varepsilon_1 \subset \varepsilon_2$, то $\bar{\varepsilon}_1 \subset \bar{\varepsilon}_2$; б) если $\varepsilon_1 \subset \varepsilon_2$ и $\varepsilon_1 S \bar{\varepsilon}_1 = \varepsilon_2 S \bar{\varepsilon}_1$, то $\text{Ker}(\varepsilon_2 S \bar{\varepsilon}_2) \subset \text{Ker}(\varepsilon_1 S \bar{\varepsilon}_1)$. Тогда эквивалентность $\text{Ker}(\varepsilon S \bar{\varepsilon})$ называется производным отношением для ε относительно S . Можно проверить, что это определение в точности совпадает с определением, данным в [6, 1] и [8], где развита теория производных отношений. Основные свойства этих отношений можно установить в рамках OI -категорий, опираясь на приведенное определение.

Толерантности и дифункциональные системы. Теперь мы опишем еще одну дополнительную структуру, которая индуцируется в OI -категории \mathcal{C} на объекте X системой $S : X \rightarrow Y$. Это удобно делать, предполагая, что \mathcal{C} является категорией соответствий, в которой каждая система обладает ядром и выполняется следующая аксиома (ср. с (8) в [3]):

Аксиома (U). Для любой пары объектов X, Y множество $\mathcal{C}(X, Y)$ является решеткой. Для любых объектов X, Y ,

Z и морфизмов $\alpha, \beta : X \rightarrow Y$, $\varphi : Y \rightarrow Z$ имеет место равенство

$$(\alpha \cup \beta) \varphi = \alpha \varphi \cup \beta \varphi.$$

Аксиома (U) выполнена в категориях Rel и Fur.

Пусть дана система $S : X \rightarrow Y$. Положим

$$\tau = SS^\# \cup \text{Ker } S. \quad (8)$$

Для случая, когда X, Y — множества, $S \subset X \times Y$ — бинарное отношение, τ определяется формулой

$$x_1 \tau x_2 \Leftrightarrow S(x_1) \cap S(x_2) \neq \emptyset \vee S(x_1) = S(x_2) = \emptyset.$$

Морфизм τ является рефлексивным и симметричным, т. е. толерантностью, а сам объект X превращается в пространство толерантности (X, τ) .

Если система D -регулярна, то

$$\tau = SS^\#.$$

Действительно, в этом случае $\text{Ker } S \subset (\text{Ker } S) SS^\# = SS^\#$. Заметим, что на самом деле любая толерантность имеет вид (9). Действительно, пусть $\tau : X \rightarrow X$ — толерантность. Так как \mathcal{C} — категория соответствий, то морфизм τ представим в виде $\tau = f^\# g$, где $f, g : Y \rightarrow X$ — функциональные морфизмы. Положим $S = f^\# \cup g^\#$. Имеем $SS^\# = (f^\# \cup g^\#) (f \cup g) = f^\# f \cup g^\# f \cup f^\# g \cup g^\# g$. Так как морфизмы f и g функциональны, то $f^\# f \subset 1$, $g^\# g \subset 1$ и, значит, $f^\# f \subset \tau$, $g^\# g \subset \tau$. Так как всякая толерантность симметрична, то $g^\# f = (f^\# g)^\# = \tau$. Следовательно, $SS^\# = \tau$. Полученный результат обобщает теорему о представимости произвольного графа двудольным или о представимости графа графом пересечений на случай произвольных OI -категорий, удовлетворяющих аксиомам (I0)³ и (U). На языке «объектов» этот результат для бинарных отношений множеств был получен в [15] (см. также [12]). На этом языке доказанное выше существование представления (9) для произвольной толерантности означает, что если на множестве «объектов» X задана толерантность, то можно подобрать такую систему признаков для этих объектов, что объекты x_1 и x_2 из X толерантны тогда и только тогда, когда имеют общий признак.

Пусть $\theta = \text{Ker } S$, тогда $\theta \tau = \theta (SS^\# \cup \theta) = \theta SS^\# \cup \theta \theta^2 = SS^\# \cup \theta = \tau$. Следовательно, $\theta \subset \text{Ker } \tau$. В общем

³ Напомним, что аксиома (I0) требует, чтобы произвольный морфизм OI -категории φ разлагался в композицию $\varphi = f^\# g$, где f и g — функциональные морфизмы.

случае это включение строгое. Существует важный класс систем, для которых эквивалентности $\text{Ker } \tau$ и $\text{Ker } S$ совпадают. Именно это имеет место для дифункциональных систем, т. е. для систем, удовлетворяющих соотношению

$$S = SS^*S. \quad (10)$$

Более того, справедливо следующее утверждение: система S дифункциональна тогда и только тогда, когда $\tau = \text{Ker } S$ ⁴.

Пусть сначала система S дифункциональна. Тогда толерантность τ транзитивна: $\tau^2 = (SS^* \cup \text{Ker } S)(SS^* \cup \text{Ker } S) = SS^*SS^* \cup \text{Ker } S = SS^* \cup \text{Ker } S = \tau$. Значит, τ — эквивалентность. Следовательно, $\tau = \text{Ker } \tau \supseteq \text{Ker } S$. С другой стороны, $\tau S = (SS^* \cup \text{Ker } S)S = SS^*S \cup (\text{Ker } S)S = S \cup S = S$, так что $\tau \subset \text{Ker } S$ и $\tau = \text{Ker } S$. Обратно, пусть $\tau = \text{Ker } S$. Тогда $SS^* \subset \text{Ker } S$. Отсюда $SS^*S \subset S \text{Ker } S = S$. Включение же $S \subset SS^*S$ имеет место в произвольной модулярной категории, в частности, в категории соответствий.

ПОПОЛНЕНИЕ OI -КАТЕГОРИЙ

Выше было показано, что при изучении некоторых свойств системы целесообразно рассматривать систему в контексте соответствующей OI -категории. К числу важнейших свойств OI -категорий, необходимых для такого рассмотрения, относятся точная реализуемость конгруэнций и коконгруэнций (т. е. выполнение аксиом (LE) и (LE^*) из [3]). Заметим, что категория нечетких бинарных отношений Fig этими свойствами не обладает. В настоящем разделе описывается конструкция, которая позволяет рассматривать произвольную OI -категорию как полную подкатегорию OI -категории, удовлетворяющей аксиомам (LE) и (LE^*) . Описываемое расширение в определенном смысле минимально и наследует многие важные свойства исходной OI -категории.

Категория симметричных идемпотентов OI -категории. Категории эквивалентностей и коэквивалентностей. Пусть \mathcal{C} — произвольная OI категория. Следуя [17], построим категорию симметричных идемпотентов $SI(\mathcal{C})$. Объекты категории $SI(\mathcal{C})$ — это симметричные идемпотенты категории \mathcal{C} , т. е. морфизмы $\xi: X \rightarrow X$ такие, что $\xi = \xi^* = \xi^2$. Если ξ_1 и ξ_2 — симметричные идемпотенты, то морфизмами ξ_1 в ξ_2 служат всевозможные тройки (ξ_1, φ, ξ_2) , где φ — морфизм

⁴ Заметим, что $\theta = \text{Ker } \theta$ для любой эквивалентности, поэтому при выполнении условий предложения $\tau = \text{Ker } \tau = \text{Ker } S$.

из \mathcal{C} такой, что $\xi_1\varphi = \varphi = \varphi\xi_2$, т. е. $\xi_1 \in \mathcal{U}_l(\varphi)$ и $\xi_2 \in \mathcal{U}_r(\varphi)$.

Композицией морфизмов $(\xi_1, \varphi_1, \xi_2)$ и $(\xi_2, \varphi_0, \xi_3)$, по определению, является морфизм $(\xi_1, \varphi_1, \varphi_2, \xi_3)$. Единицей объекта ξ в категории $SI(\mathcal{C})$ служит морфизм $1_\xi = (\xi, \xi, \xi)$. Определим инволюцию в $SI(\mathcal{C})$, полагая $(\xi_1, \varphi, \xi_2)^\# = (\xi_2, \varphi^\#, \xi_1)$. Далее, будем считать, что $(\xi_1, \varphi, \xi_2) \subset (\xi_1, \psi, \xi_2)$ в том и только в том случае, когда $\varphi \subset \psi$. Нетрудно проверить, что $SI(\mathcal{C})$ — OI -категория.

Сопоставим произвольному объекту X из \mathcal{C} объект 1_X из $SI(\mathcal{C})$ и произвольному морфизму $\varphi \in \mathcal{C}(X, Y)$ морфизм $(1_X, \varphi, 1_Y)$ из $SI(\mathcal{C})$. Этим определяется вложение OI -категории \mathcal{C} в OI -категорию $SI(\mathcal{C})$ в качестве полной OI -подкатегории.

Следуя [2], рассмотрим в $SI(\mathcal{C})$ полную подкатегорию, объектами которой служат эквивалентности на объектах из \mathcal{C} . Очевидно, она является OI -подкатегорией. Обозначим эту подкатегорию через $\text{Eq}(\mathcal{C})$. Дуально, коэквивалентности⁵ порождают полную подкатегорию $\text{Coeq}(\mathcal{C})$. Очевидно, что вложение категории \mathcal{C} в категорию $SI(\mathcal{C})$ устанавливает изоморфизм категорий \mathcal{C} и $\text{Eq}(\mathcal{C}) \cap \text{Coeq}(\mathcal{C})$.

Отметим некоторые свойства категории $\text{Eq}(\mathcal{C})$

1. Категория \mathcal{C} вкладывается в категорию $\text{Eq}(\mathcal{C})$ в качестве полной OI -подкатегории.

2. Категория $\text{Eq}(\mathcal{C})$ удовлетворяет аксиоме (LE) .

Действительно, пусть $(\varepsilon, \theta, \varepsilon)$ — эквивалентность на объекте $\varepsilon : X \rightarrow X$ в категории $\text{Eq}(\mathcal{C})$. Тогда морфизм $(\varepsilon, \theta, \theta) \in \text{Eq}(\mathcal{C})$ является проекцией и $(\varepsilon, \theta, \varepsilon) = (\varepsilon, \theta, \theta)(\theta, \theta, \varepsilon)$. Таким образом, эквивалентность $(\varepsilon, \theta, \varepsilon)$ допускает в категории $\text{Eq}(\mathcal{C})$ точную реализацию.

3. Всякий объект в категории $\text{Eq}(\mathcal{C})$ является фактор-объектом некоторого объекта из \mathcal{C} (точнее, объекта вида 1_X , где X — объект из \mathcal{C}).

Действительно, объект $\varepsilon : X \rightarrow X$ является фактор-объектом объекта 1_X по эквивалентности $(1_X, \varepsilon, 1_X)$ с проекцией $(1_X, \varepsilon, \varepsilon)$.

Перечисленные свойства определяют категорию $\text{Eq}(\mathcal{C})$ однозначно с точностью до эквивалентности [2]. Отсюда, в частности, следует, что если категория \mathcal{C} удовлетворяет аксиоме (LE) , то вложение \mathcal{C} в $\text{Eq}(\mathcal{C})$ устанавливает эквивалентность категорий. Далее, любое вложение категории \mathcal{C} в категорию \mathcal{C}' , удовлетворяющую аксиоме (LE) , продол-

⁵ Напомним, что морфизм $\varepsilon_1 : X \rightarrow X$ — коэквивалентность, если $\varepsilon = \varepsilon^2 = \varepsilon^\# \subset 1$.

жается до вложения категории $E_q(\mathcal{C})$ в \mathcal{C}' . Таким образом, категорию $E_q(\mathcal{C})$ можно рассматривать как пополнение категории \mathcal{C} фактор-объектами.

Дуально, категорию $\text{Coeq}(\mathcal{C})$ можно рассматривать как пополнение категории \mathcal{C} подобъектами.

Нетрудно проверить, что конструкция $SI(\mathcal{C})$ идемпотентна, т. е. вложение категории $SI(\mathcal{C})$ в $SI(SI(\mathcal{C}))$ устанавливает эквивалентность категорий и что категория $SI(\mathcal{C})$ удовлетворяет аксиомам (LE) и (LE^*) .

Категория $SI(\mathcal{C})$ наследует многие важные свойства категории \mathcal{C} .

Категория $SI(\mathcal{C})$ удовлетворяет аксиоме (U) , если категория \mathcal{C} удовлетворяет аксиоме (U) . Действительно, объединением морфизмов (ξ, φ, η) и (ξ, ψ, η) в категории $SI(\mathcal{C})$ служит морфизм $(\xi, \varphi \cup \psi, \eta)$.

Если в категории \mathcal{C} каждая система индуцирует предпорядки, то и в категории $SI(\mathcal{C})$ каждая система индуцирует предпорядки. Пусть $S = (\xi, \sigma, \eta)$ — система в категории $SI(\mathcal{C})$. Согласно определению, $\xi : X \rightarrow X$ и $\eta : Y \rightarrow Y$ — симметричные идемпотенты в категории \mathcal{C} и $\sigma : X \rightarrow Y$ — морфизм, для которого $\xi\sigma = \sigma = \sigma\eta$. Пусть λ — предпорядок на X , индуцируемый морфизмом (системой) $\sigma : X \rightarrow Y$. Очевидно, $\xi\lambda\xi\sigma = \sigma$, так что $(\xi, \xi, \lambda\xi, \xi) \in \mathcal{U}_i(S)$. Далее, если $(\xi, \lambda', \xi) \in \mathcal{U}_i(S)$ для некоторого морфизма $\lambda' : X \rightarrow X$, то $\lambda'\sigma = \sigma$ и, значит, $\lambda' \subset \lambda$. Отсюда, поскольку $\xi\lambda' = \lambda' = \lambda'\xi$, следует, что $\lambda' = \xi\lambda'\xi \subset \xi\lambda\xi$. Таким образом, $(\xi, \xi\lambda\xi, \xi)$ — наибольший морфизм в $\mathcal{U}_i(S)$.

Категория симметричных идемпотентов над модулярной категорией. Для дальнейшего напомним (см. [13]), что OI -категория называется модулярной, если в ней все множества $\mathcal{C}(X, Y)$ — полурешетки по пересечениям и соотношение $(\alpha \cap \beta\varphi^\#)\varphi \supset \alpha\varphi \cap \beta$ выполняется всякий раз, когда определены все написанные композиции.

Если категория \mathcal{C} модулярна, то категория $SI(\mathcal{C})$ также модулярна.

Действительно, пусть ξ и η — симметричные идемпотенты из \mathcal{C} , а (ξ, φ, η) и (ξ, ψ, η) — морфизмы. Тогда, используя модулярность категории \mathcal{C} , получаем $\varphi \cap \psi = \varphi\eta \cap \psi\eta \supset (\varphi \cap \psi)\eta = (\varphi \cap \psi\eta)\eta = (\varphi \cap \psi\eta^\#)\eta \supset \varphi\eta \cap \psi = \varphi \cap \psi$ так, что $(\varphi \cap \psi)\eta = \varphi \cap \psi$. Аналогично $\xi(\varphi \cap \psi) = \varphi \cap \psi$. Следовательно, $(\xi, \varphi \cap \psi, \eta)$ — морфизм в категории $SI(\mathcal{C})$. Очевидно, он является пересечением морфизмов (ξ, φ, η) и (ξ, ψ, η) . Остальное следует непосредственно из определений.

Если в модулярной категории \mathcal{C} каждая коэквивалент-

ность реализуема, то категория $SI(\mathcal{C})$ эквивалентна своей подкатегории $Eq(\mathcal{C})$.

Для доказательства рассмотрим произвольный объект ξ категории $SI(\mathcal{C})$ и положим $\sigma = 1 \cap \xi$. Так как $\sigma \subset 1$, то σ — коэквивалентность, поэтому $\sigma = f \# f$ для некоторого функционального морфизма f . Тогда морфизм $\theta = f \xi f \#$ — эквивалентность и несложная проверка показывает, что $(\theta, \theta f \xi, \xi)$ — изоморфизм в категории $SI(\mathcal{C})$.

Напомним [3], что в любой модулярной OI -категории \mathcal{C} определен оператор D , сопоставляющий произвольному морфизму $\alpha: X \rightarrow Y$ его «область определения» $D(\alpha) = 1_X \cap \alpha \alpha \#$. При этом $D(\alpha)\alpha = \alpha$, $D(\alpha\beta) \subset D(\alpha)$ и для любого симметричного идемпотента φ $D(\varphi) = 1 \cap \varphi$. Так как для любого α по определению $D(\alpha) \subset 1$, то в модулярной категории $D(\alpha)$ дополнительно является коэквивалентностью.

Для модулярной категории \mathcal{C} категории $SI(\mathcal{C})$ и $Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$ изоморфны (над \mathcal{C}).

Действительно, объект категории $Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$ — это тройка вида $(\sigma, \varphi, \sigma)$, где $(\sigma, \varphi, \sigma)$ — эквивалентность в категории $\text{Coeq}(\mathcal{C})$, т. е. σ — коэквивалентность в \mathcal{C} , $\sigma\varphi = \varphi = \varphi\sigma$, $\varphi = \varphi \# = \varphi^2$ и $\varphi \supset \sigma$, так как (σ, σ, σ) — единица в $\text{Coeq}(\mathcal{C})$. Так как $\sigma\varphi = \varphi$, то $D(\sigma) \supset D(\sigma\varphi) = D(\varphi)$. С другой стороны, $D(\varphi) \supset D(\sigma)$, поскольку $\varphi \supset \sigma$, и, значит, $\sigma = 1 \cap \sigma = D(\sigma) = D(\varphi) = 1 \cap \varphi$ в силу свойств оператора D . Отсюда $(\sigma, \varphi, \sigma) = (1 \cap \varphi, \varphi, 1 \cap \varphi)$. Обратно, если φ — симметричный идемпотент, то, как нетрудно проверить, $(\varphi, \varphi, \varphi) = (1 \cap \varphi, \varphi, 1 \cap \varphi)$ — эквивалентность в категории $\text{Coeq}(\mathcal{C})$ и, следовательно, объект категории $Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$. Таким образом, $\varphi \mapsto O(\varphi)$ — биективное отображение класса объектов категории $SI(\mathcal{C})$ на класс объектов категории $Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$: Далее, пусть φ, ψ — симметричные идемпотенты из \mathcal{C} и (φ, α, ψ) — морфизм из $SI(\mathcal{C})$. Имеем $(1 \cap \varphi)\alpha = (1 \cap \varphi)\varphi\alpha = D(\varphi)\varphi\alpha = \varphi\alpha = \alpha$ и аналогично $\alpha(1 \cap \psi) = \alpha$. Следовательно, $(1 \cap \varphi, \alpha, 1 \cap \psi)$ — морфизм в категории $\text{Coeq}(\mathcal{C})$. Наконец, $\Phi(\varphi, \alpha, \psi) = (\Phi(\varphi), (1 \cap \varphi, \alpha, 1 \cap \psi), \Phi(\psi))$ — морфизм в категории $Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$. Нетрудно, показать, что $\Phi: SI(\mathcal{C}) \rightarrow Eq(\text{Coeq}(\mathcal{C}))$ — искомый функтор, осуществляющий изоморфизм категории. При этом Φ сохраняет структуру OI -категорий, т. е. является OI -изоморфизмом.

Из доказанной теоремы можно вывести важное следствие: если категория \mathcal{C} модулярна, то $SI(\mathcal{C})$ — минимальное расширение категории \mathcal{C} , удовлетворяющее аксиомам (LE) и (LE^*) .

В заключение покажем, что для категории соответствий \mathcal{C} категория $\text{Eq}(\mathcal{C})$ также является категорией соответствий⁶.

Действительно, как было отмечено ранее, категория $\text{Eq}(\mathcal{C})$ модулярна, если модулярна категория \mathcal{C} . Поэтому достаточно установить, что категория $\text{Eq}(\mathcal{C})$ удовлетворяет аксиоме (I0). Пусть θ и η — эквивалентности из \mathcal{C} и $\Phi = (\theta, \varphi, \eta)$ — морфизм из $\text{Eq}(\mathcal{C})$. Поскольку в категории \mathcal{C} выполняется аксиома (I0), найдутся такие морфизмы $f, g \in \text{Fun}(\mathcal{C})$, что $\varphi = f \# g$. Положим $\varepsilon = f\theta f \# \cap g\eta g \#$. Очевидно, $f\theta f \#$ и $g\eta g \#$, а вместе с ними и ε — эквивалентности. Положим $F = (\varepsilon, f\theta, \theta)$ и $G = (\varepsilon, g\eta, \eta)$. Имеем $\varepsilon f\theta = (f\theta f \# \cap g\eta g \#) f\theta \subset f\theta f \# f\theta \subset f\theta \subset \varepsilon f\theta$, так что $\varepsilon f\theta = f\theta$ и аналогично $\varepsilon g\eta = g\eta$. Следовательно, F и G — морфизмы в категории $\text{Eq}(\mathcal{C})$. Далее, $\Phi = F \# G$ поскольку $(f\theta) \# (g\eta) = \theta f \# g \eta = \theta \varphi = \varphi$. Покажем, что морфизм F функционален. Действительно, $(f\theta)(f\theta) \# = f\theta \theta \# f \# = f\theta f \# \supset \varepsilon$, так что F D -регулярен; $(f\theta) \# (f\theta) = \theta f \# f\theta \subset \theta$, и, значит, F I -регулярен. Аналогично доказывается, что и морфизм G функционален. Таким образом, $\Phi = F \# G$ — разложение морфизма Φ (функциональная реализация), существование которого требуется аксиомой (I0).

ПРИЛОЖЕНИЯ К КАТЕГОРИИ НЕЧЕТКИХ СООТВЕТСТВИЙ

В этом разделе мы более подробно рассмотрим пополнение категории нечетких соответствий множеств Fur с помощью симметричных идемпотентов и коэквивалентностей. Категория Fur модулярна, однако она не является категорией соответствий и не удовлетворяет аксиомам (LE) и (LE*). В категории $\text{Coeq}(\text{Fur})$ коэквивалентности точно реализуемы (т. е. выполняется аксиома (LE*)), эта категория является категорией соответствий. Ее объектами служат нечеткие подмножества (в смысле Заде). Однако аксиома (LE) в категории $\text{Coeq}(\text{Fur})$ не выполняется. Это не позволяет факторизовать множества по нечетким эквивалентностям, оставаясь в пределах $\text{Coeq}(\text{Fur})$. Переход к $SI(\text{Fur})$ устраняет этот недостаток. Благодаря тому что $SI(\text{Fur})$ — категория соответствий, удовлетворяющая аксиомам (LE) и (LE*), со всякой нечеткой системой в $SI(\text{Fur})$ можно ассоциировать неприводимую систему, любой морфизм систем разла-

⁶ OI -категория называется категорией соответствий [3], если она модулярна и удовлетворяет аксиоме (I0) (см. 1-й раздел).

гается в композицию проекции и инъекции, т. е. проекции и инъекции образуют систему факторизаций для категории систем в смысле работы [1]. Более того, $SI(\text{Fur})$ — категория соответствий над топосом $[0, 1]$ -множеств, что позволяет перенести на нечеткие системы многие результаты относительно систем множеств, заменяя двузначную логику нечеткой логикой отрезка $[0, 1]$, рассматриваемого как гейтинового алгебра.

Категория $SI(\text{Fur})$ (категория соответствий нечетких множеств). Пусть X — множество и $R \subset X \times X$ — нечеткое соответствие. Обозначим через ε функцию принадлежности μ_R нечеткого подмножества R в $X \times X$. Нечеткое соответствие R является симметричным идемпотентом в категории Fur тогда и только тогда, когда

$$\varepsilon(x, x') = \varepsilon(x', x), \quad (11)$$

$$\varepsilon(x, x') \wedge \varepsilon(x', x') \leq \varepsilon(x, x'') \quad (12)$$

для любых $x, x', x'' \in X$. Полагая в (12) $x'' = x$ и используя (11), получаем

$$\varepsilon(x, x') \leq \varepsilon(x, x). \quad (13)$$

Соотношения (11) и (12) показывают, что симметричные идемпотентные нечеткие соответствия на множествах оказываются частным случаем Ω -множеств из [4] при $\Omega = [0, 1]$.

Функцию $\varepsilon : X \times X \rightarrow [0, 1]$, удовлетворяющую соотношениям (11) и (12), будем называть функцией равенства на X , а пару, состоящую из множества X и функции равенства ε , — нечетким множеством. Множество X будем называть носителем нечеткого множества (X, ε) .

Заметим, что функция равенства стандартным образом индуцирует функцию принадлежности: $\mu(x) = \varepsilon(x, x)$. По аналогии с нечеткими подмножествами можно считать, что нечеткие множества получают «размыванием» отношения равенства.

Положим для краткости $\mathcal{E} = SI(\text{Fur})$.

В соответствии с определением объекты категории \mathcal{E} — нечеткие множества. Морфизмами нечеткого множества (X, ε) в нечеткое множество (Y, η) служат нечеткие соответствия $R \subset X \times Y$, для которых выполняются равенства $\varepsilon R = R = R \eta$, или

$$\sup_{x'} (\varepsilon(x, x') \wedge \mu_R(x', y)) = \mu_R(x, y), \quad (14)$$

$$\sup_{y'} (\mu_R(x, y') \wedge \eta(y', y)) = \mu_R(x, y). \quad (15)$$

В силу (13) равенство (14) выполняется для всех $x \in X$ и $y \in Y$ в том и только в том случае, когда

$$\varepsilon(x, x') \wedge \mu_R(x', y) \leq \mu_R(x, y) \leq \varepsilon(x, x). \quad (16)$$

Аналогично равенство (15) выполняется для всех $x \in X$, $y \in Y$ тогда и только тогда, когда для всех $x \in X$, $y, y' \in Y$ выполняются неравенства

$$\eta(y', y) \wedge \mu_R(x, y') \leq \mu_R(x, y) \leq \eta(y, y). \quad (17)$$

Таким образом, нечеткое соответствие $R \subset X \times Y$ определяет морфизм нечеткого множества (X, ε) в нечеткое множество (Y, η) тогда и только тогда, когда для его функции принадлежности μ_R выполняются неравенства (16) и (17).

Соответствие R определяет функциональный морфизм, если к тому же

$$\sup_y \mu_R(x, y) = \varepsilon(x, x), \quad (18)$$

$$\mu_R(x, y) \wedge \mu_R(x, y') \leq \eta(y, y'). \quad (19)$$

Несложная проверка показывает, что наше определение функциональных морфизмов категории \mathcal{E} в точности совпадает с определением морфизмов категории $[0, 1]$ -множеств (см. [4, с. 289]). Поэтому категория $\text{Fur}(\mathcal{E})$ оказывается топосом $[0, 1]$ -множеств, т. е. обладает богатой структурой модели теории множеств.

Поскольку категория Fur модулярна, категории $\mathcal{E} = SI(\text{Fur})$ и $\text{Eq}(\text{Coeq}(\text{Fur}))$ изоморфны. Ниже мы покажем, что $\text{Coeq}(\text{Fur})$ — категория соответствий. Отсюда, согласно результатам предыдущего раздела, следует, что \mathcal{E} — также категория соответствий. Таким образом, \mathcal{E} — категория соответствий на топосом $[0, 1]$ -множеств.

Из общих результатов второго раздела следует, что категория \mathcal{E} является минимальным расширением категории Fur , в котором конгруэнции и коконгруэнции точно реализуемы. Тем самым категория соответствий над топосом $[0, 1]$ -множеств является «естественной средой» для работы с нечеткими системами. Потребность одновременно рассматривать нечеткие подмножества и факторизовать множества по нечетким эквивалентностям с необходимостью приводит к категории $\mathcal{E} = SI(\text{Fur})$. Попытки заменить категорию $SI(\text{Fur})$ какой-нибудь другой (неизоморфной ей) категорией приводят к нарушению естественной связи между эквивалентностями, фактор-объектами и проекциями (см., например, [5]).

Категория $\text{Coeq}(\text{Fur})$ (категория соответствий нечетких подмножеств). Непосредственно из определения следует, что

если (X, ε) — объект категории $\text{Соеq}(\text{Fig})$, т. е. ε — нечеткая коконгруэнция на множестве X , то $\varepsilon(x', x) \neq 0$ только при $x' = x$. Таким образом, сопоставляя объекту (X, ε) нечеткое подмножество в X с функцией принадлежности $\mu(x) = \varepsilon(x, x)$, мы получаем взаимно однозначное соответствие между объектами категории $\text{Соеq}(\text{Fig})$ и нечеткими подмножествами. Это позволяет считать, что объектами категории $\text{Соеq}(\text{Fig})$ являются нечеткие подмножества. Если A и B — нечеткие подмножества в X и Y , то морфизмами A в B служат тройки (A, R, B) , где $R \subset X \times Y$ — нечеткое соответствие, удовлетворяющее (как это следует из условий (16), (17)) следующим соотношениям:

$$\mu_R(x, y) \leq \mu_A(x), \quad (20)$$

$$\mu_R(x, y) \leq \mu_B(y). \quad (21)$$

Допуская некоторую вольность речи, можно говорить, что морфизмами нечеткого подмножества $A \subset X$ в нечеткое подмножество $B \subset Y$ служат нечеткие соответствия $R \subset X \times Y$, для которых выполняются соотношения (20), (21).

Для краткости обозначим полученную категорию через \mathcal{A} .

В соответствии с (18) и (19) морфизм $R : A \rightarrow B$ в категории \mathcal{A} функционален, если выполняются условия

$$\sup_y \mu_R(x, y) = \mu_A(x), \quad (22)$$

$$y \neq y' \Rightarrow \mu_R(x, y) \wedge \mu_R(x, y') = 0. \quad (23)$$

Из условий (20) — (23) следует, что для каждого элемента $x \in \text{supp } A$ существует равно один элемент $f(x) \in Y$ такой, что $\mu_R(x, f(x)) > 0$. При этом, очевидно, $\mu_R(x, f(x)) = \mu_A(x)$. Тем самым мы имеем отображение

$$f : \text{supp } A \rightarrow Y, \quad (24)$$

связанное с нечеткими подмножествами A, B, R следующими условиями, вытекающими из (21) и (22):

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(f(x)); \quad (25)$$

$$\mu_R(x, y) = \begin{cases} \mu_A(x), & \text{если } x \in \text{supp } A \text{ и } y = f(x), \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (26)$$

Обратно, если имеется отображение (24), удовлетворяющее соотношению (25), то формула (26) определяет нечеткое соответствие $R \subset X \times Y$, которое задает функциональный морфизм $R : A \rightarrow B$ в категории \mathcal{A} .

Рассмотрим случай, когда $A \equiv X$, т. е. $\mu_A(x) \equiv 1$. Тогда нечеткое функциональное соответствие $R: X \rightarrow B$ определяет отображение $f: X \rightarrow Y$, причем $\mu_B(f(x)) = 1$ и $\mu_R(x, f(x)) = 1$ при любом $x \in X$. Таким образом, R представимо в виде композиции отображения $f': X \rightarrow \text{Im } f$ и вложения $\text{Im } f \rightarrow B$, определяемого диагональю $\Delta_{\text{Im } f}$. Следовательно, $RR^* = f'f'^*$ и, значит, RR^* — (четкое) бинарное отношение на множестве X . Тем самым всякая реализуемая эквивалентность на множестве X является бинарным отношением из Rel . Следовательно, в категории \mathcal{A} не выполняется аксиома (L) и тем более аксиома (LE) .

Покажем, что категория \mathcal{A} удовлетворяет аксиоме $(I0)$. Пусть $A \subset X$ и $B \subset Y$ — нечеткие подмножества и $R: A \rightarrow B$ — морфизм в категории \mathcal{A} . Тогда R — нечеткие соответствие из X в Y , для которого выполняются соотношения (20) и (21). Таким образом, R можно рассматривать как нечеткое подмножество в $X \times Y$ и тем самым как объект категории \mathcal{A} . Обозначим через p и q сужения проекций $X \times Y \rightarrow X$ и $X \times Y \rightarrow Y$ на подмножество $\text{supp } R \subset X \times Y$. Из (20) следует, что $\mu_A(p(x, y)) = \mu_A(x) \geq \mu_R(x, y)$. Следовательно, в соответствии с (26) получаем функциональный морфизм $F: R \rightarrow A$, для которого $\mu_F((x, y), x) = \mu_R(x, y)$ и $\mu_F((x, y), x') = 0$ при $x = x'$. Аналогично получаем функциональный морфизм $G: R \rightarrow B$, для которого $\mu_G((x, y), y) = \mu_R(x, y)$ и $\mu_G((x, y), y') = 0$ при $y \neq y'$. Имеем, очевидно,

$$\sup_{(x', y')} (\mu_F(x', y'), x) \wedge \mu_G((x', y'), y) = \mu_R(x, y),$$

так что $F^*G = R$. Тем самым получено требуемое аксиомой $(I0)$ разложение морфизма R .

Заметим, наконец, что, поскольку категория Fur модулярна, категория $\mathcal{A} = \text{Sоеq}(\text{Fur})$ также модулярна и, следовательно, является категорией соответствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбиб М. А., Мейнс Э. Дж. Основания теории систем; разложимые системы. — В кн.: Математические методы в теории систем. М.: Мир, 1979, с. 7—49.
2. Гисин В. В. Вложения в точные категории и характеристика предмногообразий универсальных алгебр: Соврем. алгебра. Л.: Ленингр. гос. пед. ин-т, 1977, вып. 6, с. 86—89.
3. Гисин В. В., Цаленко М. Ш. Алгебраическая теория систем и ее приложения. — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. М.: Наука, 1984, с. 130—151.
4. Голдблатт Р. Топосы, категорный анализ логики. М.: Мир, 1983. 486 с.

5. Кузьмин В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений. М.: Наука, 1982. 168 с.
6. Кулагина О. С. Об одном способе определения грамматических понятий на базе теории множеств.— В кн.: Проблемы кибернетики. 1. М.: Наука, 1958, с. 203—214.
7. Мальцев А. И. Алгебраические системы. М.: Наука, 1970. 392 с.
8. Маркус С. Теоретико-множественные модели языков. М.: Наука, 1970. 332 с.
9. Месарович М., Такагара М. Общая теория систем: Мат. основы. М.: Мир, 1978. 311 с.
10. Солтон Дж. Динамические библиотечно-информационные системы. М.: Мир, 1979. 557 с.
11. Сэлтон Г. Автоматическая обработка, хранение и поиск информации. М.: Сов. радио, 1973. 560 с.
12. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.
13. Цаленко М. Ш. Классификация категорий соответствий и типы регулярности категорий.— Тр. Моск. мат. о-ва, 1980, т. 41, с. 241—285.
14. Цаленко М. Ш. Об информационной константе, связанной с оптимальной организацией базы данных.— НТИ, Сер. 2, 1981, № 7, с. 20—23.
15. Якубович С. М. Аксиоматическая теория сходства.— НТИ, 1968, № 2, с. 2.
16. Marczewski E. Sur deux propriétés des classes d'ensembles.— Fund. math., 1945, t. 33, s. 303—307.
17. Tsalenko M. Semigrupper con involuzione e categorie con involuzione.— Zymposia Mat., 1970, N 4, s. 493—514.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ТЕОРИИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИМЕНОВАННЫХ МНОЖЕСТВ

М. С. БУРГИН, В. И. КУЗНЕЦОВ

В последние годы значительно возросло значение анализа научного знания с позиций теории систем [10, 11, 13, 21]. Однако «системные представления при анализе знания (в логике и методологии науки, а также и в других формах рефлексии о науке) образуют в настоящее время скорее фон таких исследований (ученые, работающие в этих областях, обычно убеждены в том, что научное знание и даже его отдельные компоненты представляют собой соответствующие системы), чем выступают в качестве конструктивных принципов. Экспликация этих интуитивных представлений и разработка на этой основе способов системного исследования знания — одна из важнейших проблем методологии научного знания» [17, с. 95—96]. Под системой в данной работе подразумевается «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство» [18, с. 610]. В качестве основных принципов системного подхода берутся принципы целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды, иерархичности, множественности описаний. Особое внимание при этом обращается на регулятивную роль принципов целостности и взаимозависимости системы и среды [1]. В свете этих принципов анализ науки как системы может реализоваться на разных уровнях и с разной степенью детализации. На самом верхнем уровне наука предстает как объединение двух взаимодействующих подсистем: социально-экономической и информационно-семиотической. Последняя подсистема обычно и называется системой научного знания. В свою очередь, в ней выделяются такие компоненты: языки науки, научные теории, научные проблемы, научные методы, факты науки и т. д. [16, с. 117]. Центральное место среди них занимают научные теории, построению системных моделей которых и посвящена настоящая работа. Этому вопросу в методологии науки уделяется большое внимание, и к настоящему времени предложено большое число различных моделей. При этом наибольшее развитие получили модели теорий в рамках так называемых стандартного [14] и структуралистского подходов [9].

В ходе их критического обсуждения выявился ряд присущих им недостатков. С системной точки зрения эти недостатки коренятся в нарушении принципов целостности и взаимозависимости системы и среды. Действительно, каждая научная теория представляет собой некоторую семиотическую систему (в частности, логико-дедуктивную) и совокупность областей ее возможного применения, т. е. ее моделей. В этом смысле стандартный и структуралистский подходы делают особый акцент лишь на один из указанных аспектов, упуская при этом другой. Поэтому и возникает необходимость создания на основе системных представлений целостной, единой математической модели научных теорий, объединяющей достоинства стандартного и структуралистского подходов.

В качестве математического аппарата для построения такой модели используются средства и представления теории именованных множеств, включающей в себя в качестве частных случаев традиционную теорию множеств, теорию нечетких (размытых) множеств и теорию мультимножеств [4]. Ее использование мотивируется тем, что научная теория с достаточной общей семиотической точки зрения предстает как система имен (в широком смысле этого термина) и соотношений между ними. В силу этого теория именованных множеств, которая позволяет в точных математических конструкциях отобразить эту ситуацию, и применяется для построения системной модели научной теории.

Первые три раздела посвящены краткому изложению стандартного и структуралистского подходов, а также их недостатков. Следующие два содержат основные математические понятия и результаты. В шестом и седьмом разделах осуществляется более полное по сравнению с имеющимися построение стандартной и структуралистской реконструкций на основе теории именованных множеств. Оно позволяет вскрыть обычно упускаемые из поля зрения точного анализа стороны научных теорий. Эти реконструкции, в свою очередь, оказываются частными случаями приведенной в восьмом разделе обобщенной, или структурно-номинативной, реконструкции. Перспективной областью ее применения являются не только статические, но и динамические аспекты научного знания.

СТАНДАРТНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ

Стандартная реконструкция представляет собой некоторую систему связанных между собой языков и их интерпретаций. Эти языки, являясь сами по себе системами, образуют

полный язык \mathcal{L} теории. В свою очередь, при рассмотрении языка \mathcal{L} как системы в нем выделяются алфавит A , правила построения выражений этого языка CR . Эти лингвистические системы дополняются логическими — дедуктивными системами, которые трактуются как некоторые выделенные подсистемы используемых языков.

Обобщая эти представления в понятиях логико-математического языка и формальной, аксиоматической системы, стандартная реконструкция ставит своей целью экспликацию: 1) каждого отдельного предложения научной теории; 2) отношений между предложениями; 3) интерпретации предложений и теории в целом, т. е. связи теории и действительности [14, 30].

Алфавит A разбивается на три непересекающихся множества $A = A_e \cup A_s \cup A_m$, где A_e — символы наблюдения, включающие ряд простейших математических символов вида $=, \leq, <$, и символы простейших логических связок \vee, \wedge, \neg (или их словесные эквиваленты типа «равно», «или», «и» и т. п.), $A_t = A_m \cup A_s$ — теоретические символы, где A_m — математические символы, а A_s — символы конкретных научных областей.

В множестве правил CR выделяются определенные подмножества соответственно различиям в правилах образования математических, теоретико-научных, логических и других выражений. Это прежде всего правила построения теоретических выражений CR_t и правила построения CR_e — эмпирических выражений (т. е. всех выражений языка \mathcal{L} , включающих только символы наблюдения). Среди правил CR_t также можно выделить два подмножества: CR_m и CR_s — правила построения математических выражений, т. е. всех выражений языка, содержащих только символы из A_m , и правила построения выражений конкретной научной области, т. е. всех выражений языка, содержащих только символы из A_s . Наряду с этими подмножествами множества правил построения выражений языка, учитывая реальную практику теоретического естествознания, необходимо выделить и правила построения «смешанных» выражений, т. е. выражений, содержащих математические и конкретно-научные (CR_{ms}), математические и эмпирические (CR_{me}) конкретно-научные и эмпирические (CR_{se}) символы и, наконец, правила образования CR_{mse} выражений, содержащих все три типа «основных» символов.

Задание разбиений алфавита A и правил построения выражений CR позволяет выделить подязыки языка \mathcal{L} . В принципе выделяются следующие подязыки: $\mathcal{L}_m, \mathcal{L}_s,$

$\mathcal{L}_e, \mathcal{L}_{ms}, \mathcal{L}_{me}, \mathcal{L}_{se}, \mathcal{L}_{mse}$. Стандартная реконструкция ограничивается обычно рассмотрением только трех подязыков: языка наблюдений \mathcal{L}_e , получаемого применением правил из CR_e к элементам из A_e ; языка \mathcal{L}_{me} , получаемого применением правил из CR_{me} к элементам из $A_m \cup A_e$ и служащего для построения расширенного языка наблюдений $\overline{\mathcal{L}}_{me} = \mathcal{L}_m \cup \mathcal{L}_e \cup \mathcal{L}_{me}$, где язык \mathcal{L}_m получается применением правил из CR_m к алфавиту A_m ; теоретического языка \mathcal{L}_t , получаемого применением правил из CR_t к элементам из A_t . Фактически в любой научной теории можно выделить гораздо большее число подязыков, что объясняется использованием ею понятий и представлений других теорий, у каждой из которых есть свой специфический язык. Но для простоты ограничимся выделением подязыков по основным, указанным выше признакам.

Как следует из основных посылок стандартной реконструкции, главной частью научной теории считается исчисление K в языке \mathcal{L} . Обычно при этом понимается логическое исчисление (формальная аксиоматическая теория, дедуктивная система) [30]. Это означает, что в языке выделена некоторая система аксиом P (т. е. законов как данной научной области, так и используемых в ней), некоторое множество выражений языка \mathcal{L} и правила получения одних выражений из других (в логике обычно используется *modus ponens* и подстановка).

Для задания исчисления K необходимо определить частичную функцию истинности tr , т. е. частичное отображение из \mathcal{L} в двухэлементное множество {истина, ложь} или $\{1, 0\}$. Иногда рассматривается множество значений истинности с большим числом значений (квантовая логика, паранепротиворечивые логики и т. д.). При этом естественно предполагать, что все выражения исчисления K являются истинными.

Важнейшей частью любой научной теории являются ее интерпретации, т. е. частичные функции, отображающие языки научной теории в области их интерпретации. Для языка наблюдений \mathcal{L}_e интерпретация проводится с помощью указания на конкретные наблюдаемые события, объекты и т. д. Сами конкретные события и объекты не могут входить в теорию — им должна быть сопоставлена некоторая абстрактная конструкция. На ранних этапах развития науки и методологии такая реконструкция носила преимущественно описательный характер, в настоящее время все большее распространение получает ее математическая формализация. В результате для построения интерпретации подязыков \mathcal{L}_e и $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ реальным наблюдаемым событием, объектам и явлениям сопоставляется некоторое множество D , элементам которого

соответствуют наблюдаемые, точнее говоря, измеряемые величины. Между этими величинами предполагаются имеющие место различные зависимости и связи, представляемые отношениями p_1, \dots, p_k на множестве D , т. е. вводится математическая модель $O = \langle D, p_1, \dots, p_k \rangle$.

Интерпретация i_e сопоставляет некоторым элементам языка \mathcal{L}_e элементы множества D и связи между ними, описываемые отношениями p_1, \dots, p_k ($i_e: \mathcal{L}_e \rightarrow O$). Интерпретация i_{me} сопоставляет некоторым элементам языка $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ элементы множества D и связи между ними, описываемые отношениями p_1, \dots, p_k ($i_{me}: \overline{\mathcal{L}}_{me} \rightarrow O$). Отметим, что в стандартной реконструкции построение интерпретаций i_e и i_{me} , как правило, не анализируется и рассматривается весьма приблизительно на неформальном уровне. Более того, проблема построения интерпретации i_{me} вообще не осознается. Для интерпретации i_t языка \mathcal{L}_t используется язык $\overline{\mathcal{L}}_{me}$, с помощью которого строится область интерпретации, а именно такой областью является множество $\mathcal{P}(\overline{\mathcal{L}}_{me})$ всех подмножеств выражений языка $\overline{\mathcal{L}}_{me}$. При этом отображение i_t строится с помощью так называемых правил соответствия.

В результате стандартная реконструкция научной теории представляется в следующем виде:

$$A = A_m \cup A_s \cup A_e;$$

$$CR = \{CR_t = CR_m \cup CR_s \cup CR_{ms}, CR_{me}, CR_e, CR_{se}, CR_{mse}\};$$

$$K = \langle \mathcal{L}, \mathcal{P} \rangle, \dots tr: \mathcal{L} \rightarrow \{1, 0\};$$

$$O = \langle D, p_1, \dots, p_k \rangle;$$

$$i_e: \mathcal{L}_e \rightarrow O; i_{me}: \overline{\mathcal{L}}_{me} \rightarrow O; i_t: \mathcal{L}_t \rightarrow \mathcal{P}(\overline{\mathcal{L}}_{me}) \text{ (в случае элиминации теоретических терминов } i_t: \mathcal{L}_t \rightarrow \overline{\mathcal{L}}_{me}\text{).}$$

СТРУКТУРАЛИСТСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ

В отличие от стандартного подхода структуралистский подход реконструирует научную теорию не как логико-лингвистическую систему, а как совокупность моделей этой теории, т. е. таких систем, где эта теория применяется или может применяться. При этом выделяются три класса моделей: частичные потенциальные M_{pp} , потенциальные M_p и модели M . Возможности для такой реконструкции предоставляет концепция формализации через введение теоретико-множественного предиката [27, 29, 30].

Описание моделей путем введения теоретико-множественного предиката имеет следующий вид: $\langle D, n_1, \dots, n_m, t_1, \dots$

$\dots, t_k \rangle$, где D — непустое множество материальных объектов, n_1, \dots, n_m — совокупность T -нетеоретических функций и t_1, \dots, t_k — совокупность T -теоретических функций, $n_i: D \rightarrow R$, $t_j: D \rightarrow R$ ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, k$), R — множество всех действительных чисел. Отметим, что, согласно используемому в структуралистском подходе критерию, функция является T -теоретической по отношению к некоторой научной теории T , если измерение ее значений предполагает истинность некоторого другого применения данной теории. Все остальные функции, которые используются данной теорией T , считаются T -нетеоретическими [27].

Если совокупность всех функций, как T -теоретических, так и T -нетеоретических, удовлетворяет аксиомам теории T , то говорят о ее модели (m) и рассматривают их множество M . Если выполнимость аксиом данной теории находится под вопросом, то вводится понятие потенциальной модели (m_p) и множества потенциальных моделей M_p . Очевидно, что $M \subseteq M_p$. Совокупность наборов вида $\langle D, n_1, \dots, n_m \rangle$, т. е. описаний материальных систем вместе с T -нетеоретическими функциями, образует множество частичных потенциальных моделей M_{pp} . Каждый его элемент содержит информацию, получение которой не требует применения данной теории T .

Модели различного ранга используются в структуралистской реконструкции для построения подсистем теории более высокого уровня иерархии. На следующем после моделей уровне иерархии основными элементами являются $m + k$ матрицы, т. е. множества M_p , состоящие из потенциальных моделей теории T .

С помощью $m + k$ матриц совершается переход к подсистемам следующего уровня иерархии — ядру K теории T . А именно: K является ядром теории, если и только если существуют M_p, M_{pp}, M и C такие, что

- 1) $K = \langle M_p, M_{pp}, M, C \rangle$;
- 2) M_p является $m + k$ матрицей;
- 3) $M_{pp} = \{ \langle D, n_1, \dots, n_m \rangle \mid \exists t_1, \dots, t_k (\langle D, n_1, \dots, n_m, t_1, \dots, t_k \rangle \in M_p) \}$;
- 4) $M \subseteq M_p$;
- 5) $C \subseteq \mathcal{P}(M_p)$, $C \neq \phi$, $\phi \subseteq C$, $\forall x \in M_p \Rightarrow \{x\} \in C$.

Здесь M_p, M_{pp}, M и C являются соответственно множествами потенциальных моделей, частичных потенциальных моделей, моделей и ограничений. Содержательно с помощью ограничений выражается взаимосвязь моделей типа требо-

ваний равенства массы материальных объектов независимо от того, физической частью каких материальных систем они являются.

Пусть \mathcal{U} — некоторое множество и $\mathcal{P}(\mathcal{U})$ — множество всех его подмножеств. Тогда по определению $\mathcal{P}^1(\mathcal{U}) = \mathcal{P}(\mathcal{U})$ и $\mathcal{P}^n(\mathcal{U}) = \mathcal{P}(\mathcal{P}^{n-1}(\mathcal{U}))$ для всех $n = 2, 3, \dots$

Для ядра $K = \langle M_p, M_{pp}, M, C \rangle$ определяются индуктивным образом функции $r^i: \mathcal{P}^i(M_p) \rightarrow \mathcal{P}^i(M_{pp})$ следующим путем: $r^0(\langle D, n_1, \dots, n_m, t_1, \dots, t_k \rangle) = \langle D, n_1, \dots, n_m \rangle$ и для $X \in \mathcal{P}^{i+1}(M_p)$ $r^{i+1}(X) = \{r^i(Y) \mid Y \in X\}$, а также рассматривается множество $A(K) = r^{-1}(\mathcal{P}^1(M) \cap C)$.

Функции r^n являются проекциями $\mathcal{P}^n(M_p)$ на $\mathcal{P}^n(M_{pp})$, «обрезающими» теоретические функции t_1, \dots, t_k . $A(K)$ — выражает эмпирическое содержание теории с ядром K . Это множество $A(K)$ выделяет множество потенциальных частичных моделей, которые могут быть превращены в множество моделей M таким образом, чтобы они одновременно удовлетворяли и ограничению C .

Еще один уровень иерархии в структуралистской реконструкции связывается с теоретическими элементами, имеющими вид $T = \langle K, I \rangle$, где K — ядро и $I \subseteq \mathcal{P}(M_{pp})$. I называется областью предполагаемых применений теоретического элемента T . В нее могут входить и такие потенциальные частичные модели, которые не могут быть превращены на основе известной о них информации в модели теории. При этом если $T = \langle K, I \rangle$ является теоретическим элементом, то тогда предложение вида $I \subseteq A(K)$ является формой эмпирического утверждения теории T . Определение истинностного значения полученного утверждения $\langle I \subseteq A(K) \rangle$ предполагает использование экспериментальной информации об области предполагаемых применений теории [22].

Приведенные определения допускают дальнейшее развитие и формализацию. Однако они достаточно хорошо выражают сущность структуралистского подхода и поэтому являются подходящими для решения поставленной в настоящей работе задачи, а именно сопоставления двух основных на сегодняшний день подходов к реконструкции научных теорий и построения объединяющей их модели.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СТАНДАРТНОГО И СТРУКТУРАЛИСТСКОГО ПОДХОДОВ

В принципе и стандартная и структуралистская реконструкция обладают своими достоинствами. Так, если обратиться к первой, то видно, что действительно любая научная

теория в естествознании формулируется на некотором логико-математическом языке, в ней выделяются исходные положения и основные законы, рассуждения используют правила математической логики. В стандартном подходе также проводится определенная экспликация соотношения теории и действительности в форме соотношения теоретического языка и языка наблюдений. Это говорит о том, что он адекватно отражает ряд важнейших особенностей научной теории.

С другой стороны, каждой научной теории сопоставляется некоторое множество ее применений, теоретические описания которых не являются независимыми. Истинность утверждений естественнонаучных теорий не является чисто логической функцией, а должна оцениваться на основе эмпирической информации. Следовательно, и структуралистский подход отражает существенные особенности научных теорий.

Вместе с тем можно отметить и ряд недостатков как стандартной, так и структуралистской реконструкции. Например, в первой явно не выражается соотношение математического языка \mathcal{L}_m и языка конкретной научной области \mathcal{L}_s . Вся математика, по сути, сводится к логике, в то время как без использования многих развитых математических концепций, нельзя получать нетривиальные утверждения о мире. Кроме того, понимание теоретического при стандартном подходе может рассматриваться лишь как первое приближение — теоретическое истолковывается как ненаблюдаемое и тем самым мало связано с реальными функциями научных теорий. Это приводит к фактическому исключению из реконструкции анализа процедур измерения, которые важны для развития теории и необходимы для проверки истинности их утверждений о мире. Нечетко отражена связь в нем между функциями интерпретаций и функцией истинности.

Не лишен недостатков и структуралистский подход. В нем явно не представлен тот очевидный факт, что любая научная теория формулируется на некотором языке (или даже на множестве языков). Внутри теорий и между ними имеются различные дедуктивные связи, отражаемые этим подходом в слабой степени. Так же как и в стандартном подходе, определение многих конструкций страдает нечеткостью. Например, не определен явно статус моделей из множеств M_{pp} , M_p и M — не ясно, являются ли они концептуальными системами или же фрагментами материального мира.

Все это настоятельно требует не только воспроизведения этих реконструкций в рамках единой системы, но и построения в ней такой реконструкции, которая позволила бы объе-

динить достоинства стандартного и структуралистского подходов. Из числа работ в этом направлении отметим серию публикаций В. Ранталы и Дж. Пирса, которые описали некоторые их недостатки и сформулировали задачу объединения их положительных сторон в единой модели [24, 26]. Вместе с тем, как отмечают сами авторы, используемые ими технические средства, а именно обычные логические исчисления, позволяют выразить только часть содержательных идей теоретико-множественного подхода. Поэтому возникает необходимость в разработке математической модели научных теорий, не ограниченной рамками традиционных логических средств, но включающей в себя все предшествующие реконструкции. Одним из перспективных средств построения этой модели является теория именованных множеств.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ИМЕНОВАННЫХ МНОЖЕСТВ

Зафиксируем три семейства Ens , Set и Col множеств (или классов) и их морфизмов. Совокупности всех объектов (т. е. множеств и(или) классов из этих семейств) будут обозначаться $Ob\ Ens$, $Ob\ Set$ и $Ob\ Col$ соответственно. Совокупности всех морфизмов (т. е. отображений множеств (классов) или отношений между ними) из этих семейств будут обозначаться $Mor\ Ens$, $Mor\ Set$, $Mor\ Col$ соответственно. При этом предполагается выполнение следующих условий:

- 1) $Ob\ Ens, Ob\ Set \subseteq Ob\ Col$;
- 2) $Mor\ Ens, Mor\ Set \subseteq Mor\ Col$;
- 3) совокупность $Mor\ Col$ замкнута относительно произведений, т. е. если отображения $\alpha: A \rightarrow B$, $\beta: B \rightarrow C$ (отношения $\alpha \subseteq A \times B$, $\beta \subseteq B \times C$) принадлежат $Mor\ Col$, где $A, B, C \in Ob\ Col$, то и их произведение $\alpha\beta$ принадлежит $Mor\ Col$.

Примерами таких семейств могут служить:

1. Совокупность $Ens = Set = Col$ всех множеств и их отображений в аксиоматике Цермело—Френкеля [19].

2. Совокупность $Ens = Set = Col$ всех конструктивных множеств (множеств слов) и конструктивных отображений между ними [12].

В Col выделен некоторый подкласс $M \subseteq Mor\ Col$. Это выделение может производиться произвольно, что позволяет при помощи различных условий на класс M определять конструкции, нужные в каждом конкретном случае. Так, когда $Ens = Set = Col$ состоит из всех множеств и их отображений (и отношений между ними), то в качестве M чаще всего берется класс всех отображений (соответственно класс всех отно-

шений). В то же время для конструктивных множеств, рассмотренных во втором примере, в качестве M более естественно взять либо все вычислимые отображения, либо все частично вычислимые отображения, т. е. частичные отображения, задаваемые рекурсивными алгоритмами (типа машин Тьюринга или частично рекурсивных функций), либо все индуктивно вычислимые отображения, т. е. частичные отображения, задаваемые некоторым классом суперрекурсивных алгоритмов индуктивного типа, например индуктивными машинами Тьюринга [3].

Определение 1. Именованным (по классу $\mathcal{M} \subseteq \text{Mor Col}$) множеством (или \mathcal{N} -множеством) называется тройка $\mathcal{X} = (X, \alpha, I)$, где $X \in \text{Ob Ens}$, $I \in \text{Ob Set}$, $\alpha: X \rightarrow I$ ($\alpha \subseteq X \times I$) и $\alpha \in \mathcal{M}$. В случае, когда α — многозначное отображение, именованное множество будет также называться мультиименованным.

Определение 2. Именованное множество \mathcal{X} называется нормализованным, если α отображает X на все I , т. е. если α является сюръекцией (сюръективным отношением).

Рассмотренные ранее примеры совокупностей Ens , Set и Col , если к ним применить описанную конструкцию, дают различные примеры именованных множеств.

1. Совокупность всех именованных множеств в аксиоматике Цермело—Френкеля ($\mathcal{M} = \text{Mor Col}$ состоит из всех отображений множеств);

2. Совокупность конструктивных в смысле А. А. Маркова именованных множеств ($\mathcal{M} = \text{Mor Col}$);

3. Еще один пример именованных множеств был фактически рассмотрен при описании логико-лингвистической реконструкции научных теорий. В этом примере терминам $\{\tau\}$ научных теорий соответствуют их имена-символы констант из алфавита A языка \mathcal{L} , которые образуют множество $CA \subseteq A$. Благодаря этому вводится именованное множество $\mathcal{CA} = \{(\tau, \zeta_e, CA_e)\}$, где ζ — отображение именования. При этом в именованном множестве \mathcal{CA} выделяются три именованных подмножества: $\mathcal{CA}_m = (\{\mu\}, \zeta_m, CA_m)$, $\mathcal{CA}_s = (\{\sigma\}, \zeta_s, CA_s)$, $\mathcal{CA}_e = (\{\varepsilon\}, \zeta_e, CA_e)$, где $\{\mu\}$, $\{\sigma\}$ и $\{\varepsilon\}$ — множества математических терминов, терминов конкретной научной области и терминов наблюдения соответственно.

Определение 3.

1. Множество X называется носителем \mathcal{N} -множества \mathcal{X} и обозначается $\mathcal{S}(\mathcal{X})$;

2. I называется множеством имен \mathcal{N} -множества \mathcal{X} и обозначается $\mathcal{N}(\mathcal{X})$,

3. Отображение (отношение) α называется отображением (отношением) именованного \mathcal{N} -множества \mathcal{X} и обозначается $n(\mathcal{X})$;

4) Элемент $\alpha(x) \in I$ (для однозначного отображения α) и множество $\alpha(x) = \{a \in I \mid (x, a) \in \alpha\} \subseteq I$ (для отношения $\alpha \subseteq X \times I$) называется полным именем элемента $x \in X$; элемент $a \in \alpha(x)$ называется частным именем элемента x .

В случае, когда α — отображение, будем говорить просто об имени $\alpha(x)$ элемента X . Можно показать, что при выполнении некоторых естественных условий на совокупности *Ens*, *Set* и *Col* при построении именованных множеств можно ограничиться рассмотрением только однозначных отображений.

Определение 4.

\mathcal{N} -множество $\mathcal{Y} = (Y, \beta, J)$ называется \mathcal{N} -подмножеством \mathcal{N} -множества $\mathcal{X} = (X, \alpha, I)$ если $Y \subseteq X$, $J \subseteq I$ и $\beta = \alpha|_{(Y, J)}$ — ограничение отображения (отношения) α на Y и J . Такое отношение между \mathcal{N} -множествами называется включением и обозначается $\mathcal{Y} \subseteq \mathcal{X}$.

Нормализованное \mathcal{N} -подмножество любого \mathcal{N} -множества однозначно определяется своим носителем, а именно справедлива

Лемма 1. Если $\mathcal{L}, \mathcal{Y} \subseteq \mathcal{X}$ и \mathcal{N} -множества \mathcal{L} и \mathcal{Y} нормализованные, то $\mathcal{Y} = \mathcal{L}$ тогда и только тогда, когда $\mathfrak{S}(\mathcal{Y}) = \mathfrak{S}(\mathcal{L})$.

Определение 5. Морфизмом \mathcal{N} -множества $\mathcal{X} = (X, \alpha, I)$ в \mathcal{N} -множество $\mathcal{Y} = (Y, \beta, J)$ называется пара $\Phi = (f_1, f_2)$, где f_1 — морфизм (в *Ens*) из X в Y , f_2 — морфизм (в *Set*) из I в J и в *Col* выполняется равенство $\alpha f_2 = f_1 \beta$, т. е. коммутативна следующая диаграмма:

$$\begin{array}{ccc} & f_2 & \\ I & \longrightarrow & J \\ \alpha \uparrow & & \uparrow \beta \\ X & \longrightarrow & Y \\ & f_1 & \end{array}$$

Если $\Phi = (f_1, f_2): \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$ и $\Psi = (g_1, g_2): \mathcal{Y} \rightarrow \mathcal{L}$ — морфизмы \mathcal{N} -множеств, то произведение определяется обычным образом: $\Phi\Psi = (f_1 g_1, f_2 g_2)$.

Непосредственно из вышеприведенных определений вытекают

Лемма 2. Если классы *Mor Ens*, *Mor Set* и *Mor Col* замкнуты относительно произведения морфизмов, у которых ко-

нец первого совпадает с началом второго ¹, то тем же свойством обладает и совокупность $Mor \mathcal{N} Set$ всех морфизмов \mathcal{N} -множеств.

Лемма 3. Если в $Mor Ens$ для каждого объекта из $Ob Ens$, а в $Mor Set$ для каждого объекта из $Ob Set$ содержится тождественный морфизм, то для любого \mathcal{N} -множества существует тождественное отображение в себе.

В совокупности $Mor \mathcal{N} Set$ можно определить отношение \approx следующим образом. $\Phi \approx \Psi$, если выполняются условия:

1. $\Phi = (f_1, f_2): \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$, $\Psi = (g_1, g_2): \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$.

2. для любого элемента x из $X = \mathcal{S}(\mathcal{X})$ выполняется равенство $f_1\beta(x) = g_1\beta(x)$.

Отсюда вытекают

Лемма 4. Отношение \approx является эквивалентностью.

Лемма 5. Если $\Phi = (f, f_2): \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$ и $\Psi = (f, g_2): \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{Y}$, то $\Phi \approx \Psi$.

Приведем формулировки двух необходимых в дальнейшем теорем.

Теорема 1: а) если Ens , Set и Col категории, то и совокупность $\mathcal{N} Set$, состоящая из всех \mathcal{N} -множеств и их морфизмов, является категорией; б) совокупность $\mathcal{N}\mathcal{N} Set$, состоящая из всех нормализованных \mathcal{N} -множеств и их морфизмов, является квазирефлективной подкатегорией категории $\mathcal{N} Set$, если рассматривать \mathcal{N} -множества с непустым носителем.

Отметим, что подкатегория L категории K называется квазирефлективной, если каждому объекту A из K сопоставлен объект $L(A)$ из L и морфизм $\lambda: A \rightarrow L(A)$ таким образом, что для любого морфизма $\alpha: A \rightarrow B$, где $B \in Ob \mathcal{L}$ существует морфизм $\beta: L(A) \rightarrow B$, для которого выполняется $\lambda\beta \approx \alpha$ при заданном отношении эквивалентности.

Теорема 2. Для любого класса M отношений из $Mor Col$ существует класс отображений M_0 из $Mor Col$ такой, что существует ковариантное функторное [20] вложение всех \mathcal{N} -множеств и их морфизмов, определенных с помощью M , в совокупности \mathcal{N} -множеств и их морфизмов, определенных с помощью M_0 .

ШКАЛЫ МНОЖЕСТВ

Для применения идей и методов теории именованных множеств к анализу стандартной и структуралистской реконструкции научных теорий необходимо ввести понятие,

¹ Если α морфизм из A в B , то A называется началом α , а B — концом α .

являющееся некоторой модификацией понятия шкалы множеств ([2], с. 395).

Пусть X_1, X_2, \dots, X_n — некоторый набор множеств. Шкалу $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$, порожденную множествами, будем строить по шагам, получая после применения k -го шага одно или несколько множеств уровня k этой шкалы.

0. Множества X_1, \dots, X_n имеют нулевой уровень и называются базисом шкалы $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

1. Множество 1-го уровня — это все возможные прямые произведения вида $B_1 = X_e \times X_k$ ($1 \leq e, k \leq n$).

2. Множество 2-го уровня B_2 — это объединение всех множеств нулевого и 1-го уровней.

3. Множество 3-го уровня $B_3 = \mathcal{P}(B_2)$, т. е. множество всех подмножеств множества B_2 .

\dots
 $3r + 1$. Множества уровня $(3r + 1)$ — это все возможные прямые произведения вида $B_{3r+1} = C_e \times C_k$, где C_e, C_k — произвольные множества уровня $3r$ шкалы $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

$3r + 2$. Множество уровня $(3r + 2)$ B_{3r+2} — это объединение всех множеств уровня $3r + 1$ шкалы $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

$3r + 3$. Множество уровня $(3r + 3)$ $B_{3r+3} = \mathcal{P}(B_{3r+2})$. Тогда шкала $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$ является объединением множеств этой шкалы всех ступеней. Отметим, что конструкцию шкалы множеств можно распространить по всем трансфинитным ординалам. В этом случае построенная шкала соответствует ординалу ω .

Используя математическую индукцию, можно показать, что имеет место следующий результат, связывающий построенную шкалу со шкалой Н. Бурбаки, элементами которой являются ступени некоторой схемы конструкции ступени ([2], с. 242).

Теорема 3. Для любой схемы S конструкции ступени и для любых множеств X_1, \dots, X_n существует такое число p , что ступень $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$ схемы S над базисными множествами X_1, \dots, X_n будет подмножеством и элементом множества B_p уровня p шкалы $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

Отметим, что аналогичный результат верен и для суперструктур и универсумов — конструкций, лежащих в основе нестандартного анализа [6] и используемых в ряде методологических реконструкций [24, 25]. А именно имеет место

Теорема 4. Для любого множества X любой универсум с множеством индивидов X (и, в частности, суперструктура над X) вложим в шкалу $\mathfrak{S}(X)$ каноническим образом, тождественным на X .

Обозначим множество, полученное на k -м шаге построения шкалы $\mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$, через $\mathfrak{S}_k(X_1, \dots, X_n)$. Тогда имеет место

Лемма 6. Для любого $k \in N$ и любых множеств X_1, \dots, X_n выполняется равенство $\mathfrak{S}(\mathfrak{S}_k(X_1, \dots, X_n)) = \mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

Теорема 5. Если заданы отображения $f_j: Y_j \rightarrow \mathfrak{S}_{k_j}(X_1, \dots, X_n)$ для $j = 1, 2, \dots, m$, то существует единственное отображение $f: \mathfrak{S}(Y_1, \dots, Y_m) \rightarrow \mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$, для которого выполняются условия:

(I) $f|_{Y_j} = f_j$ при всех $j = 1, 2, \dots, m$.

(II) если все f_j — инъекции, то и f — инъективное отображение.

(III) f перестановочно с операциями U , Π^* и \mathcal{P} , которые применяются при построении шкалы множеств.

Следствие 1. Если выполняются включения $Y_j \subseteq \mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$ для $j = 1, 2, \dots, m$, то $\mathfrak{S}(Y_1, \dots, Y_m) \subseteq \mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

Следствие 2. Если $f = \bigcup_{j=1}^m f_j: \bigcup_{j=1}^m Y_j \rightarrow \mathfrak{S}_k(X_1, \dots, X_n)$, $k = \max k_j$ и существует такое $l \in N$ и такое множество $Y \subseteq \bigcup_{j=1}^m Y_j$, для которого $f|_Y \cong \gamma_l(X_1, \dots, X_n)$ то отображение f продолжается до сюръекции $g: \mathfrak{S}(Y_1, \dots, Y_m) \rightarrow \mathfrak{S}(X_1, \dots, X_n)$.

Используя введенные выше понятия, воспроизведем стандартную и структуралистскую реконструкции научных теорий на языке теории именованных множеств. Это позволит сделать более ясным и понятным как их содержание, так и отношения между ними.

ИМЕНОВАННЫЕ МНОЖЕСТВА СТАНДАРТНОЙ РЕКОНСТРУЦИИ

Так как именованные множества состоят из трех компонентов: носителя, отображения именованного множества имен, — то названия самих именованных множеств (например, именованные множества формальной семантики) могут выбираться в зависимости от содержательного, неформального понимания одного из этих компонентов (в данном случае за основу берется отображение именованного множества).

Предложения теории, т. е. определенные выражения в языке \mathcal{L} вместе с их истинностными значениями, образуют определенную систему формальной семантики на \mathcal{L} . Этой системе соответствуют

1. *Именованные множества \mathfrak{S} формальной семантики на \mathcal{L}^2 .* $\mathfrak{S} = (\mathcal{L}, \overline{tr}, \{1, 0, *\})$, где 1 означает истину, 0 — ложь, а * — неопределенное истинностное значение, \mathcal{L} — язык научной теории, \overline{tr} — функция, совпадающая с частичной функцией истинности tr на тех элементах, где tr определена, и равная * на остальных. В именованных множествах \mathfrak{S} формальной семантики на \mathcal{L} (как \mathcal{N} -подмножества) выделяются именованные множества формальных семантик на подъязыках \mathcal{L} . Например, $\mathfrak{S}_m = (\mathcal{L}_m, \overline{tr}_m, \{1, 0, *\})$, $\mathfrak{S}_e = (\mathcal{L}_e, \overline{tr}_e, \{1, 0, *\})$, где $\mathcal{L}_m, \mathcal{L}_e \subseteq \mathcal{L}$, \overline{tr}_m и \overline{tr}_e являются ограничениями функции tr на подмножества \mathcal{L}_m и \mathcal{L}_e , соответственно.

2. *Именованные множества \mathfrak{S}_e экспериментальной интерпретации.* $\mathfrak{S}_e = (\mathcal{L}_e, i_e, D_r \cup \{*\})$, где \mathcal{L}_e — язык наблюдений; $D_r \subseteq \mathfrak{S}(D)$, D — это множество, элементам которого отвечают наблюдаемые явления, объекты и т. д., используемые в данной интерпретации; i_e — функция интерпретации наблюдения. Добавление символа * означает, что возможны такие выражения языка наблюдения, которым не соответствуют наблюдаемые явления.

3. *Именованные множества \mathfrak{S}_{me} расширенной экспериментальной интерпретации.* $\mathfrak{S}_{me} = (\overline{\mathcal{L}}_{me}, i_{me}, D_r \cup \{*\})$, где $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ — расширенный язык наблюдений, i_{me} — функция интерпретации расширенного языка наблюдений, она сопоставляет выражениям языка $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ элементы из D_r . Эти элементы представляют собой отдельные элементы из D , подмножества D , отношения различной арности между элементами из D , подмножествами из D и т. д.

4. *Именованные множества \mathfrak{S}_t эмпирической семантики.* $\mathfrak{S}_t = (\mathcal{L}_t, i_t, \mathcal{P}(\overline{\mathcal{L}}_{me}))$, где \mathcal{L}_t — теоретический язык, i_t — функция интерпретации теоретического языка, $\mathcal{P}(\overline{\mathcal{L}}_{me})$ — множество подмножеств выражений расширенного языка наблюдений.

Принципиальным для любой научной теории является вопрос об истинности ее утверждений. Понятие истинности может вводиться как аксиоматически, на основе некоторой процедуры, так и с помощью экспериментальной информации. Рассмотрим первый способ, так как именно он лежит в основе логико-лингвистической реконструкции. Все аксиомы (постулаты) теории полагаются истинными, затем истин-

² Отметим, что подобный системный характер носят и другие именованные множества реконструкций в том смысле, что каждое из них соответствует некоторой подсистеме теории.

ными считаются все выражения, которые выводятся в исчислении K из аксиом. Ложными полагаются те выражения, отрицания которых при таком построении функции интерпретации теоретического языка \mathcal{L}_t были определены как истинные. Таким образом, для выражений языка \mathcal{L}_t определяется понятие логической истинности. В принципе логическая истинность с системной точки зрения представляет собой некий частный вид формальной семантики \overline{tr} , для которой приведен алгоритм ее построения и которая используется в конкретных научных теориях.

Вместе с тем отметим, что в естественнонаучных теориях эмпирически истинным считается утверждение, которое подтверждено экспериментальными данными и для которого нет фальсифицирующей его экспериментальной информации. Ложными полагаются утверждения, опровергнутые экспериментальными данными. Это приводит к понятию эмпирической истинности, которое сначала вводится для языков наблюдения \mathcal{L}_e и $\overline{\mathcal{L}}_{me}$, а затем уже распространяется на язык \mathcal{L}_t с помощью отображения i_t .

Используемая терминология описания процедуры подтверждения некоторого утверждения на языке $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ (и, в частности, на языке $\mathcal{L}_e \subseteq \overline{\mathcal{L}}_{me}$) означает существование такой модели O , в которой для этого выражения определен образ, т. е. существует модель, в которой это выражение оказывается истинным в логическом смысле [8]. Выражение считается истинным, если оно подтверждено в моделях теории и не имеет его опровержения, т. е. подтверждения в моделях теории его отрицания.

Для реконструкции эмпирической семантики теоретического языка \mathcal{L}_t используется описанная выше расширенная экспериментальная семантика языка $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ и отображение i_t . Отображение истинности при этом определяется только для таких выражений языка \mathcal{L}_t , которые i_t переводит в одноэлементные подмножества из $\overline{\mathcal{L}}_{me}$. Фактически, в реальных научных теориях функция истинности определена и для других выражений. Однако так как стандартный подход ограничивается интерпретацией \mathcal{L}_t в \mathcal{L}_e , а не в $\mathcal{P}_i(\overline{\mathcal{L}}_{me})$, то в настоящей работе значение истинности определяется только для выражений из \mathcal{L}_t , которые переходят в одноэлементные подмножества из $\mathcal{P}(\overline{\mathcal{L}}_{me})$.

Эмпирически истинным полагается такое выражение языка \mathcal{L}_t , которое отображается в эмпирически истинное выражение $\overline{\mathcal{L}}_{me}$. Эмпирически ложным — то, которое отображает-

Таблица 1
Именованные множества стандартной
реконструкции научных теорий

| Обозначение | Вид | Наименование |
|--------------------|--|---|
| \mathcal{S} | $(L, tr, \{1, 0, *\})$ | Формальная семантика на L |
| \mathcal{S}_e | $(L_e, i_e, D_r \cup \{*\})$ | Экспериментальная интерпретация |
| \mathcal{S}_{me} | $(\bar{L}_{me}, i_{me}, D_r \cup \{*\})$ | Расширенная экспериментальная интерпретация |
| \mathcal{S}_t | $(L_t, i_t, \mathcal{P}(\bar{L}_{me}))$ | Эмпирическая семантика |

ся в эмпирически ложное. Для остальных выражений L функция истинности оказывается неопределенной. Это и задает эмпирическую семантику языка L_t .

Эмпирическая истинность, как и логическая, представляют собой определенный вид формальной семантики.

Отметим, что описания явлений на языках L_e , \bar{L}_{me} , L_t называются моделями этих явлений в теории. При этом обычно различают феноменологические (языки L_e и \bar{L}_{me}) и теоретические (язык L_t) модели. Различные примеры таких моделей и способов их построения рассмотрены для физики, астрономии и космологии Р. Пайерлсом [15].

Имея две семантики языка L_t (логическую и эмпирическую), можно говорить о их соответствии, что представляет собой математическую модель согласованности теории с экспериментом. Это означает, что логически истинное утверждение для теории, признаваемой истинной, не должно быть эмпирически ложным, т. е. фальсифицированным имеющейся экспериментальной информацией, а те утверждения, которые допускают эмпирическую проверку, должны быть эмпирически истинными.

Таким образом, реализация стандартного подхода на языке теории именованных множеств позволяет эксплицировать обычно упускаемые из виду стороны реальных научных теорий. Так, обычно дедукция предполагается единственным методом получения новых результатов в теории. Предложенная же реконструкция учитывает и другие методы, работающие в конкретных научных теориях. Это достигается благодаря построению интерпретаций не только для формальных, дедуктивных систем, но и для включающих их языков теории.

Отметим также, что уже «перевод» идей стандартного подхода на язык теории именованных множеств требует для более строгого изложения их определенного развития. В частности, модификация касается: 1) языков теории, которые не предполагаются чисто логическими, тогда как обычно рассматриваются только языки первого порядка; 2) области интерпретации, наиболее подходящим представлением которой является шкала множеств Н. Бурбаки или построенная в этой работе шкала; 3) связей между языками теории и их областями интерпретации, которые устанавливаются с помощью различного рода отображений интерпретаций и т. д.

ИМЕНОВАННЫЕ МНОЖЕСТВА СТРУКТУРАЛИСТСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Именованные множества моделей имеют следующий вид:

1А. *Именованные множества \mathfrak{X} полных (потенциальных) моделей*³. $\mathfrak{X} = (\mathcal{D}_r, f, R)$, где $R = R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k$; $\mathcal{D}_r = \mathfrak{S}(D, R_1, \dots, R_m, R'_1, \dots, R'_k)$; D — множество, элементам которого отвечают измеряемые («наблюдаемые») явления, объекты и т. п.; ограничение частичной функции f на множества D и R_i совпадает с функцией n_i , а ее ограничение на D и R'_j — с функцией t_j ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, k$). Отображение f содержит и составлено из всех функций n_i, t_j , которые используются в структуралистской реконструкции. Математически это означает, что $f\pi_i = n_i, f\pi'_j = t_j$, где $\pi_i: R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k \rightarrow R_i, \pi'_j: R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k \rightarrow R'_j$ ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, \dots, k$) — естественные проекции.

Рассмотрим естественные проекции $\pi_e: R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k \rightarrow R_1 \times \dots \times R_k$ и $\pi_t: R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k \rightarrow R'_1 \times \dots \times R'_k$. Тогда отображение $f_e = f\pi_e$ называется T -нетеоретической, а $f_t = f\pi_t$ — T -теоретической составляющей отображения f . Таким образом, f_e содержит и составлено из всех T -нетеоретических, а f_t — из всех T -теоретических функций теоретико-множественной реконструкции.

1Б. *Именованные множества \mathfrak{X}_e экспериментальных (частичных потенциальных) моделей*. $\mathfrak{X}_e = (\mathcal{D}_r, f_e, R_e)$

³ В силу теорем 1 и 2, позволяющих заменить отношения однозначными отображениями, можно ограничиться функциями, несколько не теряя в общности.

являются образами именованных множеств полных моделей \mathfrak{X} при отображении именованных множеств $r = (r_S, r_N)$, где $R_e = (R_1 \times \dots \times R_m) \cup \{*\}$, $r_S = 1_{\bar{D}_r}$, $r_N: \{*\} \cup \cup (R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k) \rightarrow (R_1 \times \dots \times R_m) \cup \cup \{*\}$, $r_N(*) = *$ и $r_N = \pi_e: R_1 \times \dots \times R_m \times R'_1 \times \dots \times R'_k \rightarrow R_1 \times \dots \times R_m$ — естественная проекция прямого произведения на первые m сомножителей.

2. *Именованные множества \mathfrak{M}_p области возможных применений теории.* $\mathfrak{M}_p = (M_p, r, M_{pp})$, где M_p является некоторым множеством полных моделей (вида \mathfrak{X}), M_{pp} — множество экспериментальных моделей (вида \mathfrak{X}_e) и $M_{pp} = = r(M_p)$.

3. *Именованные множества \mathfrak{M}_t моделей теории.* $\mathfrak{M}_t = = (M, r_M, M')$, где $M \subseteq M_p$, $M' = r(M)$ и $r_M = r|_M$ — ограничение отображения r на множество M . Из определения вытекает, что \mathfrak{M}_t будет \mathcal{N} -подмножеством \mathcal{N} -множества \mathfrak{M}_p .

4. *Именованные множества \mathfrak{C} ограничений.* $\mathfrak{C} = (C, r_C, C')$, где $C \subseteq \mathcal{P}(M_p)$; $r^2: \mathcal{P}(M_p) \rightarrow \mathcal{P}(M_{pp})$ — отображение, индуцированное отображением r ; $r_C = r^2|_C$. Из определения вытекает, что \mathfrak{C} будет некоторым \mathcal{N} -подмножеством \mathcal{N} -множества $\mathcal{P}\mathfrak{M}_p = (\mathcal{P}(M_p), r^2, \mathcal{P}(M_{pp}))$.

5. *Именованные множества \mathfrak{M}_{CT} допустимых систем моделей теории, т. е. моделей, удовлетворяющих одновременно законам теории и ограничениям.* $\mathfrak{M}_{CT} = (M_{CT}, r_{CT}, M'_{CT})$, где $M_{CT} \subseteq M$ и $M_{CT} \in C$, $r_{CT} = r_M|_{M_{CT}}$, $M'_{CT} = r_M(M_{CT})$. По построению все \mathfrak{M}_{CT} являются \mathcal{N} -подмножествами \mathcal{N} -множества \mathfrak{M}_t . Кроме того, определенное ранее эмпирическое содержание $A(K)$ теории представляется совокупностью множеств имен $\mathcal{N}(\mathfrak{M}'_{CT})$ всех \mathcal{N} -множеств допустимых систем моделей теории с ядром K .

Итак, реализация структуралистского подхода на языке теории именованных множеств позволяет: 1) в явном виде выделить системный характер научного знания; 2) построить более адекватную модель предметной области теории (вместо множества D имен реальных объектов рассматривается шкала, порожденная системой множеств, включающей D); 3) дать непосредственное представление тех именованных множеств (например, области возможных применений), которые в неявном виде уже содержались в структуралистской реконструкции.

Построим, используя введенные выше именованные множества, структурно-номинативную модель научной теории, в которую входят элементы стандартной и структуралистских реконструкций. Это позволит в определенной степени учесть

Таблица 2

Именованные множества структуралистской реконструкции научных теорий

| Обозначение | Вид | Наименование |
|---------------------|-----------------------------|--|
| \mathfrak{X} | (\tilde{D}_r, f, R) | Полная (потенциальная) модель |
| \mathfrak{X}_e | (\tilde{D}_r, f_e, R_e) | Экспериментальная (частичная потенциальная) модель |
| \mathfrak{M} | (M_p, r, M_{pp}) | Область возможных применений теории |
| \mathfrak{M}_t | (M, r_M, M') | Область моделей теории |
| \mathfrak{M}_{CT} | $(M_{CT}, r_{CT}, M'_{CT})$ | Область допустимых систем моделей теории |
| \mathfrak{C} | (C, r_C, C') | Ограничения |

их достоинства. Компонентами предлагаемой модели является некоторый набор именованных множеств.

1. *Именованные множества $\mathfrak{C}\mathfrak{S}_{me}^s$ расширенной обобщенной экспериментальной интерпретации.* $\mathfrak{C}\mathfrak{S}_{me}^s = (\overline{\mathcal{L}}_{me}, \tau_{me}, B_{me})$, где $\overline{\mathcal{L}}_{me}$ — расширенный язык наблюдений, $B_{me} \subseteq \mathfrak{C} (P\mathfrak{M}_p) \cup \{*\}$, $P\mathfrak{M}_p$ — множество всех \mathcal{N} -подмножеств \mathcal{N} -множества \mathfrak{M}_p , τ_{me} — некоторое отображение.

Если задано некоторое \mathcal{N} -множество $\mathfrak{C}\mathfrak{S} = (\overline{\mathcal{L}}_{me}, i_{me}, D_r \cup \{*\})$, то ему можно каноническим образом сопоставить \mathcal{N} -множество $\nu(\mathfrak{C}\mathfrak{S}_{me}) = \mathfrak{C}\mathfrak{S}_{me}^s = (\overline{\mathcal{L}}_{me}, \tau_{me}, B_{me})$. Для этого возьмем в качестве \mathfrak{M}_p такое именованное множество, носитель которого $\mathcal{S}(\mathfrak{M}_p)$ равен $\{x_d; d \in D\}$, а каждая полная модель $\mathfrak{X}_d = (\tilde{D}_r, f, R)$. $R \setminus \{*\} = R_1 = \{1, 0\}$ и $f(a) = \begin{cases} 1, & \text{если } a = d, \\ 0, & \text{если } a \neq d. \end{cases}$ По определению, в этом случае имеем $\mathcal{N}(\mathfrak{M}_p) = \mathcal{S}(\mathfrak{M}_p)$ и r — тождественное отображение.

Построим сначала вложение $\mu: D_r \cup \{*\} \rightarrow B_{me}$. Если $d \in D$, то полагаем $\mu_0(d) = (\{x_d\}, g, \{x_d\})$, где $g = 1_X$, $X = \{x_d\}$. По определению \mathcal{N} -подмножеств имеем $\mu_0(d) \in P\mathfrak{M}_p$. Так как из $d_1 \neq d_2$ следует $x_{d_1} \neq x_{d_2}$, то μ_0 задает вложение множества D в $P\mathfrak{M}_p$, которое можно продолжить до вложения μ множества D_r в множество $\mathfrak{C}(P\mathfrak{M}_p)$, используя теорему 4. Взяв $\mu|_{D_r} = \mu'$ и $\mu(*) = *$, получим искомое вложение.

Это позволяет определить отображение $\tau_{me}: \bar{\mathcal{L}}_{me} \rightarrow B_{me}$, положив $r_{me}(l) = \mu(i_{me}(l))$ для каждого элемента $l \in \bar{\mathcal{L}}_{me}$ и получить \mathcal{N} -множество $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}^s$. Так как это \mathcal{N} -множество строится однозначно, то ν является отображением совокупности всех расширенных экспериментальных интерпретаций в совокупность всех обобщенных расширенных экспериментальных интерпретаций. Так как отображение μ инъективно, то из построения вытекает, что разные \mathcal{N} -множества $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}$ переходят в разные \mathcal{N} -множества $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}^s$, т. е. ν будет инъекцией, и по заданному \mathcal{N} -множеству $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}^s$ однозначно восстанавливается \mathcal{N} -множество $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}$. Итак, такой компонент любой стандартной реконструкции, как расширенная экспериментальная интерпретация, может быть получен из предлагаемой общей схемы.

Рассмотрим связь этой схемы с теоретико-множественной реконструкцией. Пусть \mathfrak{M}_p — некоторая область возможных применений теории, $\mathfrak{M}_t \subseteq \mathfrak{M}_p$, $\mathcal{C} \subseteq P\mathfrak{M}_p$. Сопоставим этой тройке \mathcal{N} -множеств $(\mathfrak{M}_p, \mathfrak{M}_t, \mathcal{C})$ расширенную обобщенную экспериментальную интерпретацию $\mathcal{E}\mathcal{S}_{me}^s$, по которой исходная тройка восстанавливалась бы однозначно.

В качестве языка $\bar{\mathcal{L}}_{me}$ берем множество слов $\{\text{оп}, \text{оз}, \text{со}\}$, построенное из алфавита $A = \{o, z, p, c\}^4$. Затем сопоставляем слову «оп» элемент $\mathfrak{M}_p \in P\mathfrak{M}_p$, слову «сз» — элемент $\mathfrak{M}_t \in P\mathfrak{M}_p$ и слову «со» — элемент $C_0 \subseteq P\mathfrak{M}_p$, состоящий из всех нормализованных \mathcal{N} -множеств \mathfrak{X} , носители которых $\mathcal{S}(\mathfrak{X})$ принадлежат $C \subseteq \mathcal{P}(M_p)$, а множества имен $\mathcal{N}(\mathfrak{X})$ принадлежат $C' \subseteq \mathcal{P}(M_{pp})$. Таким образом, получаем отображение $\tau_{me}: \bar{\mathcal{L}}_{me} \rightarrow B_{me}$, так как по построению $P\mathfrak{M}_p$ и $\mathcal{P}(P\mathfrak{M}_p)$ принадлежат множеству B_{me} . Положим $\eta(\mathfrak{M}_p, \mathfrak{M}_t, \mathcal{C}) = \mathcal{E}\mathcal{S}_{me}^s = (\bar{\mathcal{L}}_{me}, \tau_{me}, B_{me})$ и получим искомое отображение, так как \mathcal{N} -множества \mathfrak{M}_p и \mathfrak{M}_t прямо определяются отображением τ_{me} языка $\bar{\mathcal{L}}_{me}$, а \mathcal{N} -множество \mathcal{C} , входящее в рассматриваемую тройку, однозначно определяется своим носителем $\mathcal{S}(\mathcal{C}) = C$ в силу своей нормализованности (см. лемму 1), а множество C однозначно восстанавливается по множеству $C_0 \in B_{me}$, которое выделено в B_{me} отображением τ_{me} .

⁴ Обычно язык $\bar{\mathcal{L}}_{me}$, конечно, устроен значительно сложнее, он описывает и отдельные явления, и их совокупности и взаимосвязи. Но в данном случае строится некоторый минимальный язык, позволяющий определить тройку множеств $(\mathfrak{M}_p, \mathfrak{M}_t, \mathcal{C})$. Отметим, что он — область применения, сз — система законов, со — система ограничений.

2. *Именованные множества $\mathfrak{E}\mathfrak{E}_i^s$ обобщенной теоретической интерпретации.* В стандартной реконструкции теоретический язык интерпретируется только в языке наблюдений, и поэтому если придерживаться ее рамок, то для L_t уже имеется именованное множество эмпирической семантики $\mathfrak{Z}\mathfrak{E}_t$. При этом интерпретация L_t в модели, прямо отображающей реальный мир (для стандартного подхода это множество D_r), получается опосредованно через эмпирическую семантику $\mathfrak{Z}\mathfrak{E}_t$ с помощью функции расширенной экспериментальной интерпретации i_{me} . Однако в предлагаемой обобщенной реконструкции модели, где интерпретируется язык \overline{L}_{me} имеют более богатую, чем D_r , структуру. В частности, они содержат «теоретические» элементы (шкалы функций, теоретические составляющие функций, различные отношения между ними и т. д.). Поэтому для описания этих элементов языка наблюдений (даже расширенного) уже недостаточно и необходимо использовать теоретический язык L_t . Но такое использование предполагает прямую интерпретацию L_t в множестве $B_t \subseteq \mathfrak{S} (P\mathfrak{M}_p) \cup \{*\}$, построение которой в общем виде описывается ниже. Наличие такой прямой интерпретации позволяет как ставить и решать различные проблемы, примером которых может служить элиминация теоретических терминов, так и исследовать вопрос о согласованности моделей (теоретических и феноменологических) и реальной действительности.

Именованные множества обобщенной теоретической интерпретации строятся точно таким же образом, как и для экспериментальной интерпретации, только в качестве носителя берется язык L_t , а не \overline{L}_{me} . Они имеют вид $\mathfrak{E}\mathfrak{E}_i^s = (L_t, \tau_t, B_t)$. Отметим, что обобщенная теоретическая интерпретация позволяет получить структуралистскую реконструкцию по той же самой схеме, что и в случае расширенной обобщенной экспериментальной интерпретации.

3. *Именованные множества $\mathfrak{E}\mathfrak{E}^s$ обобщенной интерпретации языка L .* При рассмотрении стандартной реконструкции ранее было показано, что языки \overline{L}_{me} и L_t являются собственными подязыками языка L научной теории. Поэтому можно (и нужно, так как $L \neq \overline{L}_{me} \cup L_t$) рассматривать интерпретацию всего языка, для чего строится именованное множество обобщенной интерпретации $\mathfrak{E}\mathfrak{E}^s = (L, \tau, B)$, в котором $B \subseteq \mathfrak{S} (P\mathfrak{M}_p) \cup \{*\}$. При этом именованные множества $\mathfrak{E}\mathfrak{E}_{me}^s$ и $\mathfrak{E}\mathfrak{E}_i^s$ будут именованными подмножествами в $\mathfrak{E}\mathfrak{E}^s$.

4. *Именованные множества $\mathfrak{Z}\mathfrak{E}^s$ обобщенной эмпирической*

Таблица 3

Именованные множества структурно-номинативной реконструкции научных теорий

| Обозначение | Вид | Наименование |
|-----------------------------------|---|--|
| \mathfrak{X} | (\bar{D}_r, f, R) | Полная модель |
| \mathfrak{X}_e | (\bar{D}_r, f_e, R_e) | Экспериментальная модель |
| \mathfrak{M}_p | (M_p, r, M_{pp}) | Область возможных применений теории |
| $\mathfrak{E}\mathfrak{S}_{me}^s$ | $(\bar{\mathcal{L}}_{me}, \tau_{me}, B_{me})$ | Обобщенная расширенная экспериментальная интерпретация |
| $\mathfrak{E}\mathfrak{S}_t^s$ | $(\mathcal{L}_t, \tau_t, B_t)$ | Обобщенная теоретическая интерпретация |
| $\mathfrak{E}\mathfrak{S}^s$ | (\mathcal{L}, τ, B) | Обобщенная интерпретация языка |
| $\mathfrak{J}\mathfrak{S}^s$ | $(\mathcal{L}_t, i_t, \mathcal{P}(\bar{\mathcal{L}}_{me}))$ | Обобщенная эмпирическая семантика |
| $\mathfrak{O}\mathfrak{S}^s$ | $(\mathcal{L}, \lambda, \Omega)$ | Обобщенная логическая семантика |

кой семантики. Эти множества совпадают с именованными множествами $\mathfrak{J}\mathfrak{S}_t$, построенными для стандартной реконструкции.

5. *Именованные множества $\mathfrak{J}\mathfrak{S}_t$ обобщенной логической семантики.* $\mathfrak{J}\mathfrak{S}^s = (\mathcal{L}, \lambda, \Omega)$, где Ω — множество значений истинности. Обычно в стандартной реконструкции полагается, что $\Omega = \{1, 0, *\}$. Однако в реальных естественнонаучных теориях для существенной части их утверждений трудно провести различие между истинностными значениями двухзначной (или даже трехзначной) логики. Это, как известно, приводит к необходимости использования оценок типа достоверности, подтверждения и т. д. [7]. Поэтому в общем случае множество Ω отличается от множества $\{1, 0, *\}$.

* * *

Полученные результаты показывают, что действительно использование аппарата теории именованных множеств позволяет вскрыть системный характер научной теории и эксплицировать его в точных математических терминах. Согласно обобщенной (структурно-номинативной) реконструкции, научная теория предстает как совокупность подсистем, каждая из которых связана с определенными функциями на-

учной теории (дедуктивное развертывание знания, верификация положений теории, интерпретация теории, построение с помощью теории ее моделей различного ранга и т. д.). Каждой из этих подсистем сопоставляется особое именованное множество, математически представляющее соответствующие функции теории.

На основе структурно-номинативной реконструкции достигается объединение подходов в анализе теории, которые традиционно считались «несоизмеримыми». При этом такое объединение не является чисто формальным (механическим), а способствует развитию каждого из включаемых подходов. Отметим, что, кроме структуралистского и стандартного подходов, структурно-номинативная реконструкция позволяет включить и целый ряд других моделей научных теорий (например, модель Ранталы—Пирса [5, 24, 26]).

Наличие в структурно-номинативной реконструкции достаточно мощных выразительных средств позволяет отразить целый ряд и других свойств конкретных научных теорий, связанных с их развитием и взаимоотношением друг с другом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блауберг И. В., Мирский Э. М., Садовский В. Н. Системный подход и системный анализ.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 47—64.
2. Бурбаки Н. Теория множеств. М.: Мир, 1965. 455 с.
3. Бургин М. С. Индуктивные машины Тьюринга.— Докл. АН СССР, 1983, т. 270, № 6, с. 1289—1293.
4. Бургин М. С., Калужный Л. А. Именованные множества и их подмножества.— В кн.: VI Всесоюз. конф. по мат. логике. Тбилиси, 1982, с. 25.
5. Бургин М. С., Кузнецов В. И. Логико-математические реконструкции научных теорий и проблема их единого понимания.— В кн.: Понимание и доказательство. Киев: Наук. думка, 1986.
6. Девис М. Прикладной нестандартный анализ. М.: Мир, 1980. 236 с.
7. Кайберг Г. Вероятность и индуктивная логика. М.: Прогресс, 1978. 376 с.
8. Колмогоров А. Н., Драгалин А. Г. Введение в математическую логику. М.: Изд-во МГУ, 1982. 120 с.
9. Кузнецов В. И., Садовский В. Н. Структуралистский подход к анализу научного знания.— В кн.: Материалы к VII Междунар. конгр. по логике, методологии и философии науки: Соврем. зарубеж. исслед. М.: ИНИОН АН СССР, 1983, с. 83—111.
10. Кузьмин В. П. Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 1980. 312 с.
11. Ладенко И. С., Грабарев Ю. И. К проблеме системного исследования науки: (Анализ системного замещения).— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1971. М.: Наука, 1972, с. 171—179.
12. Марков А. А. Теория алгоритмов. М., 1954. 376 с. (Тр. Мат. ин-та АН СССР; т. 42).

13. *Мирский Э. М.* Системный подход в изучении науки: (Методол. замеч.).— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973, с. 187—202.
14. Научные теории: Структура и развитие. Реф. сб. М.: ИНИОН, 1978, 288 с.
15. *Пайерлс Р.* Построение физических моделей.— Успехи физ. наук, 1983, т. 140, вып. 2, с. 315—332.
16. *Ракитов А. И.* Философские проблемы науки. М.: Мысль, 1977, 270 с.
17. *Садовский В. Н.* Методология науки и системный подход.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1977. М.: Наука, 1977, с. 94—111.
18. *Садовский В. Н.* Система.— В кн.: Филос. энцикл. словарь, 1983, с. 610—611.
19. *Френкель А., Бар-Хиллел И.* Основания теории множеств. М.: Мир, 1966. 556 с.
20. *Цаленко М. Ш., Шульгейфер Е. Г.* Основания теории категорий. М.: Наука, 1974. 226 с.
21. *Яблонский А. И.* Развитие науки как открытой системы.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1978. М.: Наука, 1978, с. 86—109.
22. *Balzer W., Sneed J. D.* Generalized net structures of empirical theories. 1, 2.— *Studia logica*, 1977, vol. 36, N 3, p. 195—211; 1978, vol. 37, N 2, pp. 164—194.
23. *Brody T. A.* The axiomatic approach in physics.— *Revista Mexicana de fisica*, 1981, vol. 27, N 4, p. 583—611.
24. *Pearce D., Rantala V.* On a new approach to metascience.— *Reports from the department of philosophy, University of Helsinki*, 1981, N 1, 42 p.
25. *Rantala V.* Correspondence and non-standard models: A case study.— *Acta philosophica fennica*, 1979, vol. 30, N2/4, p. 366—378.
26. *Rantala V.* On the logical basis of the structuralist philosophy of science.— *Erkenntnis*, 1980, vol. 15, p. 269—286.
27. *Sneed J. D.* The logical structure of mathematical physics. Dordrecht: D. Reidel, 1971. 311 p.
28. *Stegmüller W.* The structure and dynamics of theories. N. Y. etc.: Springer. 1976. 284 p.
29. *Stegmüller W.* The structuralist view of theories: A possible analogue of the Bourbaki programme in physical science. B. etc.: Springer, 1979. 101 p.
30. *Suppe F.* The search for philosophical understanding of scientific theories.— In: *The structure of scientific theories/Ed. by F. Suppe.* Urbana: Univ. of Ill. press, 1974, p. 1—241.

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В СИСТЕМНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

С. А. ПЕГОВ

Характер взаимодействия природы и общества на современном этапе. Вся история развития науки связана с процессом познания законов природы, с последующим использованием полученных знаний для обеспечения независимости человека от стихийных сил природы. Длительное время человек подчинял свою научную и практическую деятельность созданию искусственной управляемой среды — техносферы, позволяющей в существенной степени ослабить природные ограничения на развитие человеческого общества и самого человека как биологического вида. Совершенствование техносферы стало одной из главных задач науки и общества. Целями развития стало обеспечение растущих одновременно с ростом населения потребностей общества в природных ресурсах. Негативные же последствия, обусловленные воздействием технологических процессов на природную среду, по существу, не учитывались, поскольку их проявления можно было до определенного момента игнорировать.

Однако дальнейшее развитие ситуации привело к пониманию того, что значительные изменения в природной среде, являющиеся, по существу, результатом одностороннего планирования в сфере экономического развития, приобрели качества серьезных лимитирующих факторов развития общества (см. [12, 13, 14, 15]). В связи с этим существенно расширились и задачи современной науки. Она призвана теперь находить ответ на вопрос о том, как следует строить стратегию развития общества, чтобы избежать кризисных ситуаций в энергетическом балансе биохимической и экологической структуры биосферы.

Одним из основных положений современной концепции взаимоотношений природы и общества является положение о неразрывном, диалектическом по своему характеру един-

стве общества и природы. «Человеческие проекты, не считающиеся с великими законами природы, приносят только бедствия», — писал В. И. Ленин [4, с. 398]. Обосновав материальную основу развития человеческого сознания и выявив качественное отличие между природой и обществом, марксизм показал их неразрывное единство, осуществляемое в сфере материально-производственной деятельности человека.

Преобразуя природу, производя в процессе труда нужное из природных предметов, человеческое общество существенно расширяет способности обеспечения необходимых для человека условий жизнедеятельности. «Труд, — писал К. Маркс, — есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, процесс, в котором человек своей собственной деятельностью опосредует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой» [1, с. 188]. Однако преобразование предметов природы, целенаправленное приспособление их к человеческим потребностям есть лишь одна из сторон отношения человека с природой в сфере материального производства. Другой стороной этих отношений является преобразование самой природной среды. Причем последствия этих преобразований могут быть как благоприятными, так и неблагоприятными для человека и для осуществляемой им производственной деятельности.

Общество, осуществляя широкую хозяйственную деятельность, существенно направляет эволюцию природной среды, а тем самым оказывает воздействие и на процессы собственной эволюции. Биологическая сущность человека обуславливает неразрывное единство его с природой. «...Природа есть неорганическое тело человека... Что физическая и духовная жизнь человека неразрывно связана с природой, означает не что иное, как то, что природа неразрывно связана с самой собой, ибо человек есть часть природы» [2, с. 92]. Общество остается частью природы Земли, а вполне естественное противопоставление его остальной природе предполагает и единство между ними как частями единого целого. «Мы не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо, находящийся вне природы... мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее... все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять» [3, с. 496].

Взаимодействие между природой и обществом осуществляется и развивается в соответствии с законом единства и борьбы противоположностей. Диалектический материализм ис-

ходит из главенствующей роли внутренних противоречий в развитии как общества, так и природы, что отнюдь не умаляет значения их взаимовлияния. В современных же условиях, когда под воздействием человеческой деятельности происходит быстрое изменение природной среды и даже создание чисто искусственных экосистем, можно говорить об определенном возрастании зависимости общества от природной среды и, в частности, от негативных последствий, проявляющихся в ней под воздействием общества. Причем если в прошлом воздействия на природную среду, обусловленные социально-экономической активностью общества, были не столь значительны по сравнению с вещественно-энергетическими потоками, обусловленными естественными процессами и механизмами саморегуляции в природе, то в настоящее время они стали сопоставимы по величинам, что приводит к последствиям, угрожающим существованию живого вещества, здоровью и судьбе человека как биологического вида. Стремительно нарастающие мощности воздействий со стороны общества на природную среду знаменуют наступление нового этапа в развитии взаимодействия природы и общества. На этом этапе все более необходимым становится построение целостной и стройной теории взаимодействия природы и общества, способной послужить конструктивной основой разработки практической методологии природопользования на различных уровнях управления хозяйственной деятельностью общества.

Следует отметить, что сложная совокупность взаимодействия природы и общества исследована явно недостаточно. Свидетельством этого являются во многом неожиданные последствия реализации некоторых социально-экономических проектов. «Причина подобных просчетов чаще всего заключается в трудности достоверного прогноза обратной реакции природной среды на антропогенное вмешательство, в отсутствии научно обоснованных методов оценки допустимой степени такого вмешательства, в ограниченности представлений о научной сущности противоречий, возникающих между задачей необходимости охраны среды и интенсивным использованием ее ресурсов... становится очевидной нехватка научных знаний об основных свойствах окружающей среды, формах и уровнях ее организации, о структурных механизмах, физической сущности природных процессов и динамике их изменений, вызванных антропогенными факторами. Этим и определяется недостаточность многих усилий по защите окружающей среды, целенаправленному ее преобразованию, а также острая необходимость проведения фундаментальных экологических исследований» [6].

Оптимизация взаимодействия природы и общества — задача глобального типа. Ее окончательное решение требует существенного продвижения в развитии всей науки. Новое содержание экологической проблемы, ее социально-экономические аспекты и масштаб исследуемых явлений исключают возможность всеобъемлющего исследования на основе какой-либо одной отрасли науки (географии, биологии, физики и т. д.). Сейчас все более ясным становится тот факт, что сложные многоаспектные явления в области взаимоотношений современного общества с окружающей природной средой можно адекватно изучать лишь с помощью комплексного, системного, междисциплинарного подхода, причем одним из основных методов исследования должен служить метод моделей, так как классические методы теоретико-экспериментального изучения менее приемлемы из-за явного недостатка знаний о природных процессах и, как правило, невозможности постановки — из-за сложности или длительности — эксперимента.

Системный подход к сложной совокупности экологических процессов не только позволяет сформировать целостное представление о взаимодействии общества и окружающей среды на нынешнем этапе научно-технического развития, но и служит практическим инструментом оптимизации процессов природопользования, конструктивного поиска средств управления ими. Решение задач управления сводится к поиску наиболее приемлемых путей социально-экономического развития общества с учетом изменений в природной среде.

Основы системно-экологического прогнозирования. Проводимые в СССР исследования, направленные на решение глобальных проблем окружающей среды, в методологическом плане базируются на концепции биосферы, которая была выдвинута академиком В. И. Вернадским [5]. Эти исследования имеют своей генеральной целью обеспечение научных основ экологизации всех областей жизни общества, включая производство и потребление, образование и воспитание, экологизацию всей практической деятельности людей.

Взаимодействие природы и общества представляет собой сложную социоэкологическую систему, при анализе которой осуществляется процесс поиска путей сбалансированного развития. Преобразование подобной системы, развивающейся в некоторых случаях стихийно, предполагает изучение механизмов управления ею, для чего необходимо рассматривать все аспекты проблем окружающей среды в комплексе с социально-экономическими целями развития общества [10].

Структура целей управления системой «общество—природа»

должна определяться, с одной стороны, целями и решениями, принимаемыми обществом в процессе своего развития, и, с другой стороны, набором ограничений, определяемых законами развития природных комплексов, в рамках которых общество развивается [10]. Таким образом, ограничения, накладываемые природными факторами на социально-экономическое развитие, должны определяться целями этого развития, и именно структура этих целей должна определять уровень анализа экологических проблем. Это связано, во-первых, со структурой управления, которая, как правило, соответствует структуре административно-управленческого аппарата, и, во-вторых, с тем, что экологические проблемы являются, как правило, территориальными, т. е. связанными с территориальной структурой экологических систем. Методы моделирования, выступающие важным средством изучения процессов взаимодействия природы и общества, нельзя рассматривать в отрыве от целей исследуемой системы, относятся ли они к глобальному биосферному уровню, региональному или отраслевому.

Работы В. И. Вернадского и В. Н. Сукачева позволяют рассматривать природную систему любого уровня организации как совокупность нескольких взаимодействующих средообразующих факторов, однозначно описывающих состояние природной среды [5, 11]. Каждый из этих факторов: энергия, вода, атмосфера, растительность, почва, животные и редуценты — в свою очередь характеризуется набором физико-химических параметров, определяющих состояние этих факторов. Для почвы такими параметрами являются гумус, питательные вещества, влажность, кислотность и т. п., для воды — скорость течения, концентрация кислорода, прозрачность и т. п. Другими словами, каждый из средообразующих факторов может быть определен функцией $f_j = f(x_1, \dots, x_n)$. Как правило, определить вид этой функции весьма сложно. Это связано с большой динамичностью природного фактора, с отсутствием необходимой информации и с собственно целевой ориентацией подобного рассмотрения. Однако если подходить к построению моделей природной среды с точки зрения целевых установок общественного развития, то появляется возможность резко сузить набор рассматриваемых физических параметров в зависимости от целевых установок исследования процессов взаимодействия общества и природы. Например, при исследовании процессов сельскохозяйственного производства одним из основных свойств почвы, интересующих общественные институты, является ее продуктивность. Продуктивность же почвы зависит, вообще

говоря, от небольшого по сравнению с генеральным ее описанием набора параметров. Поэтому продуктивность почвы может быть описана функцией $f_j = f(x_1, \dots, x_k)$, где $k < n$.

Если ставится задача об определении устойчивости почвы к поглощению загрязнений (противогазовое свойство почвы [11]), то набор физических параметров, отражающих поглощательную способность средообразующего фактора — почвы, будет иным, но также значительно меньшим, чем общее число параметров, определяющих генеральные свойства почвы $f_l = f(x_1, \dots, x_m)$, где $m < n$. Аналогичные свойства наблюдаются у других средообразующих факторов.

Таким образом, с учетом целевых установок на проведение исследований возникает возможность перехода от сложных многопараметрических моделей взаимодействия природы и общества к динамическим моделям макропараметрического характера. При этом резко сокращается объем необходимой для верификации модели информации, сокращается время построения модели и возникает возможность более широкого привлечения экспертов к вопросам принятия решений в сфере природопользования. Человеко-машинные системы экологического прогноза, построенные на этом принципе [8], резко сокращают объем анализируемой экспертом информации и, следовательно, могут со значительно большим успехом использоваться в процессе принятия решений в сфере природопользования. Подобный подход давно и весьма эффективно используется в математической экономике [9], где введение макропеременных: валового продукта, дохода на душу населения и т. п. — позволило создать большой класс моделей [7], широко используемых в экономическом планировании и прогнозировании.

Отметим, что макропараметрический подход к изучению взаимодействия природы и общества позволяет вплотную подойти к проблеме агрегирования моделей в зависимости от целей исследования. Изменение физико-химических параметров, определяющих состояние средообразующих факторов, зависит от характерного времени протекания процессов в экосистемах. Поэтому выбор параметров для формирования макропеременных модели должен также определяться по целевым назначениям при проведении исследований, будь то оценка и прогноз производительности сельскохозяйственных культур в условиях богарного земледелия в одном из районов Поволжья.

Резюмируя вышесказанное, можно сформулировать следующий вывод: так как на практике трудно ставить вопрос об адекватном отражении всего сложного экологического объ-

екта, возникает проблема выделения существенных с точки зрения целеполагания элементов и агрегированного их представления. Не все взаимосвязи между параметрами экологических систем равнозначны, в модель организуются лишь наиболее сильно влияющие на состояние системы факторы и параметры, а остальные влияют на поведение системы относительно слабо и, кроме того, сами зависят от «основных» параметров. В силу этого большое число факторов и элементов, не вошедших в основную модель макроэкологических параметров, удается оценить через интегрированные переменные. Это резко упрощает модельное описание сложных явлений взаимодействия общества и природы.

Необходимость комплексного системного подхода к исследованию всех форм взаимодействия природы и общества, особенно последствий антропогенных воздействий на окружающую среду, на практике наиболее полно может быть реализована с помощью использования новых методов системного анализа в моделировании экологических процессов в условиях современного научно-технического прогресса. Тесное слияние методов системного анализа с методами моделирования должно привести к разработке интегральных методов системно-экологического моделирования, которые на современном уровне наших знаний о природе должны стать основой для исследования процессов взаимодействия общества и окружающей среды, так как оптимальное управление хозяйственной деятельностью становится невозможным без учета научно обоснованной стратегии экологического развития общества.

Одной из целей исследования взаимодействия природы и общества является создание формального аппарата системы моделирования, позволяющего проводить исследования и прогнозировать развитие экологических систем на длительных (порядка десятков лет) временных интервалах, учитывать при этом изменения, вносимые в деятельность природных систем факторами, обусловленными социально-экономическими процессами, а также оценивать возможную реакцию природных систем на такие воздействия.

В рамках этих задач можно сформулировать следующие основные вопросы, на которые призвана ответить система моделирования экологического развития:

1. Каково состояние рассматриваемой природной системы в настоящее время и какие изменения можно ожидать в будущем?

2. Какие нагрузки или воздействия на природную систему являются допустимыми, а какие нежелательными на основе

выработанных или принятых критериев с учетом экономических и социальных аспектов?

3. Какие последствия могут нести изменения экологических систем для человека как биологического вида и для социально-экономической политики, проводимой в регионе?

4. Каковы пути сохранения или улучшения природных систем, подвергшихся в той или иной степени антропогенному воздействию?

Реализацией данного подхода является разработанная во ВНИИСИГосплана и АН СССР человеко-машинная система, позволяющая анализировать некоторые аспекты процессов взаимодействия общества и природы на региональном уровне. Система создана с целью получить аппарат оценки и прогноза качества окружающей среды при антропогенных воздействиях. Система моделирования позволяет осуществлять анализ вариантов развития природных систем для равнинных и среднегористых (плато) районов с размерами 500—10 000 км² (в зависимости от подробности задания начальных условий), характеризующихся достаточно однородными почвенно-климатическими условиями на интервале 25—50 лет.

Возможен учет как непосредственной эксплуатации природных систем, так и влияния на последние промышленности и сельского хозяйства. Воздействия, связанные с социально-экономическим развитием, могут выражаться: в изменении биомассы на территории региона (вырубка леса, уборка урожая, вытаптывание, посадки леса, транспортные нагрузки); в загрязнении региона (промышленное загрязнение широкого спектра и загрязнения поверхностных вод при смыве удобрений), в улучшении качества почв за счет внесения удобрений, применении мелиоративных мероприятий (в широком смысле слова — ирригация, водозадержка, строительство каналов и т. п.) и т. д.

Система экологического прогноза была использована для:

— определения оптимальной стратегии восстановления лесов после вырубки — районы Карелии, Юго-Западной Сибири и Коми АССР (возможно сокращение сроков восстановления на 40—50%);

— определения стратегии с/х освоения земель в зоне Каракумского канала (предотвращение засоления почв, загрязнения поверхностных и грунтовых вод и стабилизации урожая хлопка и зерновых на длительную перспективу);

— оценки с/х продуктивности степей Целиноградской области (пшеница) при изменении метеорологических условий и политики внесения удобрений.

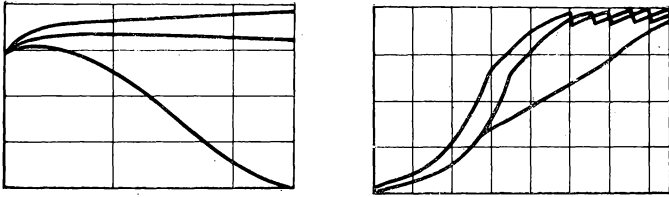


Рис. 1. Урожайность зерновых в степях Северного Казахстана

1 — без использования удобрений; 2 — вносится 25 кг/га в год; 3 — вносится 60 кг/га в год

Рис. 2. Динамика биомассы растительности (тайга) Южная Сибирь

1 — естественное восстановление леса; 2 — восстановление с использованием удобрений (10 кг/га в год в течение 20 лет); 3 — восстановление с использованием удобрений и саженцев

С помощью разработанной системы моделирования были проведены исследования по определению максимальной продуктивности сельскохозяйственных ценозов степей Северного Казахстана (рис. 1) и по разработке технологии восстановления лесов в районах интенсивной эксплуатации лесных ресурсов в Коми АССР и Юго-Западной Сибири (рис. 2).

Исследование максимальной продуктивности сельскохозяйственных ценозов показало, что даже в условиях среднезасушливого периода возможен сбор устойчивых урожаев пшеницы (22—24 ц/га). Использование больших объемов минеральных удобрений не приводит к значительному увеличению урожайности (прибавка составляет не более 2—3 ц/га). В то же время полный отказ от минеральных удобрений вызывает быструю деградацию почвы и падение урожайности до 5—7 ц/га в течение 10 лет.

Разработка технологии восстановления лесов позволила определить как эффективную технологию использования 3—4-летних саженцев и внесения удобрений с помощью сельскохозяйственной авиации по 5—10 кг/га активного вещества в год в течение 20 лет. Причем выяснилось, что сроки внесения удобрений зависят от почвенно-климатических условий и возраста молодых насаждений. Выигрыш в сроках восстановления лесов в наилучших вариантах сценарных воздействий составил до 60 лет в регионах Юго-Западной Сибири и до 70 лет в Коми АССР. Оценка прибыли при использовании этой технологии составила соответственно для этих районов 1400 руб./га и около 2000 руб./га за весь период восстановления.

Новое содержание экологической проблемы, ее социально-экономические аспекты и глобальный масштаб исключают

возможность всеобъемлющего исследования на основе какой-либо одной отрасли науки (географии, биологии, физики и т. д.). Решение этой проблемы предполагает широкий синтез знаний, системный подход к решению задач исследования взаимодействия общества и природы. Нужно также учитывать то обстоятельство, что в своих взаимоотношениях со средой люди в процессе труда действуют в рамках определенных общественных институтов. В каждом конкретном случае в зависимости от устройства общества, от господствующей формы собственности на землю и средства производства эта проблема имеет свои особенности. Поэтому в проблеме охраны окружающей среды социально-экономические аспекты являются принципиально важными.

Разработка методов управления развитием экологических систем связана в первую очередь с изучением принципов организации сложной многоуровневой системы «общество — природа». Причем на этапе анализа этой системы необходимо учитывать ряд обстоятельств, определяющих характер функционирования и взаимодействия подсистем «общество» и «природа».

Развитие социально-экономических систем, являющихся творением человеческого общества, в большей степени поддается формальным описаниям. Именно это обстоятельство позволило разработать большое количество вполне приемлемых моделей экономического развития, позволяющих оценивать масштабы и перспективы развития экономики производств, государств, регионов. Природные системы учтены в этих моделях лишь в виде грубых схем, да и то как дань общеизвестной необходимости, которую трудно полностью игнорировать. Представляется, что причина медленного развития модельных исследований эколого-социально-экономических систем кроется в специфике природных систем. Она (специфика) обуславливает трудности формальных описаний ряда их фундаментальных характеристик и свойств, определяющих как характер их развития, так и характер их взаимодействия с системами социально-экономическими.

Ясно одно — дальнейший прогресс в развитии научного управления развитием человеческого общества невозможен без глубокого изучения процессов, определяющих динамику системы «природа — общество». Только на этом пути можно научиться оценивать характер и масштабы допустимых воздействий со стороны общества на окружающую природную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 23.
2. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 42.
3. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 20.
4. *Ленин В. И.* Конспект «Переписки К. Маркса и Ф. Энгельса 1844—1883 гг.» 2-е изд. М.: Политиздат, 1968, с. 398.
5. *Вернадский В. И.* Биосфера. М.: Мысль, 1967, с. 222—358.
6. *Герасимов И. П.* Методологические проблемы экологизации современной науки.— В кн.: Общество и природная среда. М.: Знание, 1980, с. 80.
7. *Канторович Л. В., Вайнштейн А. Л.* Об'исчислении нормы эффективности на основе однопродуктовой модели развития народного хозяйства.— Экономика и мат. методы, 1967, т. 3, вып. 5, с. 697—710.
8. *Крутько В. Н., Пегов С. А., Хомяков П. М.* Модель динамики средообразующих факторов. М.: Препр./ВНИИСИ, 1982. 53 с.
9. *Лурье А. Л.* Экономический анализ моделей планирования социалистического хозяйства. М.: Наука, 1973. 435 с.
10. *Пегов С. А., Томилин Ю. А.* Проблемы формализации процессов взаимодействия общества и природы.— В кн.: Моделирование процессов экологического развития. Тр. ВНИИСИ; М.: ВНИИСИ, 1981, № 2, с. 17—28.
11. *Сукачев В. Н.* Структура биогеоценозов и их динамика.— В кн.: Структура и форма материи. М.: Наука, 1978, с. 137—163.
12. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: Наука, 1978. 167 с.
13. *Laszlo E.* Goals for mankind. N. Y.: Acad. Press, 1977. 632 p.
14. *Meadows D. H., Meadows D. L. et al* The limits to growth. N. Y.: Univ. Books, 1972. 205 p.
15. *Mesarovic M., Pestel E.* Mankind at the turning point. N. Y.: Dutton and Reader's Digest press, 1974. 210 p.

К СИСТЕМНОМУ АНАЛИЗУ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, А. А. РЫВКИН

ВВЕДЕНИЕ

Комплексное использование ресурсов или, если делать акцент на потребностях народного хозяйства, его комплексное ресурсообеспечение — одна из важнейших проблем экономического развития. Как подчеркивалось на XXVI съезде КПСС, «актуальность этих задач связана с тем, что речь идет о невозполнимых богатствах. За их правильное, рачительное использование мы несем ответственность не только перед нынешним, но и перед будущими поколениями» [1, с. 41]. Сложность данной проблематики особенно углубляется тем, что «советское общество вступило в такой этап, когда назрели глубокие качественные изменения в производительных силах и соответствующее этому совершенствование производственных отношений» [2, с. 39].

Среди задач, оказавшихся объектами прикладных системных исследований, многие, если не значительное большинство, связаны с вопросами природопользования — экономическими, социальными, технологическими, экологическими. Несомненно, что прикладные разработки, направленные на поиск решений в ситуациях, где существенными являются аспекты природопользования, должны быть междисциплинарными [15]. Однако междисциплинарное исследование может быть подлинно результативным лишь тогда, когда каждая из привлекаемых частных дисциплин располагает необходимыми инструментальными средствами и определенными теоретическими представлениями об изучаемой проблеме. Для экономической науки проблема природопользования в широкой постановке является новой, внимание к ней стимулировано сдвигами, происходящими в хозяйстве отдельных стран и мира в целом на протяжении двух последних десятилетий. Пока еще невыработана общепризнанная конструктивная экономическая концепция природопользования с хорошо зарекомендовавшими себя на практике специальными методами выработки решений. В междисциплинарных исследованиях по проблемам природопользования экономисты обращаются к общим методологическим приемам своей науки, и, пожалуй, влияние системного анализа на развитие экономики природопользования

значительнее, чем вклад последней в междисциплинарные исследования этих проблем.

В данной статье рассматриваются некоторые методологические вопросы, относящиеся прежде всего к долгосрочным аспектам экономики природопользования, но постановкой своей обязанные главным образом междисциплинарным системным исследованиям разнообразных теоретических и прикладных проблем. К долгосрочному анализу чаще всего обращаются при прогнозировании. Поэтому неудивительно, что ракурс, в котором изучаются здесь различные стороны взаимодействия человека и природы, во многом определен работами по прогностике. Однако мы практически не касаемся формально-технических моментов прогнозирования. Во-первых, будучи в значительной степени универсальными, они широко освещены в ряде капитальных трудов (в частности, в [3, 13, 18, 19]), а наша точка зрения высказана в [9, 11]; во-вторых, объектом нашего исследования были специфические содержательные проблемы экономики природопользования.

Составление всевозможных прогнозов стало весьма распространенным явлением, и природопользование, как в целом, так и в отдельных аспектах, относится здесь к числу наиболее часто избираемых сюжетов. Такая деятельность на Западе приобрела столь широкий размах, что в прогностике появилась новая специальность — сопоставление результатов различных прогнозов на основе специально построенных для этой цели моделей. Многочисленные международные конференции заняты подобными сопоставлениями и анализом причин, в силу которых «не оправдались» те или иные широко разрекламированные и дорого стоившие «предсказания» ученых. В связи с тем что эти явления нередко отвлекают внимание и силы (и без того не слишком значительные) наших специалистов по экономическим проблемам природопользования, представляется необходимым отметить следующее.

Во-первых, назначение научного прогноза — не предсказание, а анализ будущего. Такой анализ может и должен быть основой при принятии решений, выборе стратегии развития [6, 10]. Этому не могут способствовать прогнозы, предназначенные для угадывания значений экономических или экологических показателей, если, конечно, движение к подобной мнимой цели не сопровождается случайным получением действительно ценных побочных результатов. Как правило, прогнозы такого рода покоятся на весьма шатких методологических основаниях, поскольку при их разработке даже не ставятся вопросы о реальном экономическом содер-

жании прогнозируемых показателей, сохранении на исследуемую перспективу тех предпосылок, которые обуславливают корректность соответствующих способов измерения, и т. п.

Во-вторых, прогнозы значений экономических показателей на отдаленный момент времени или в среднем за длительный период в массе своей оказываются чрезвычайно чувствительными к текущей, сиюминутной конъюнктуре (на дату их разработки), включая скоротечные и неустойчивые тенденции, экспектации, предвыборные маневры буржуазных политиков и т. п. Конечно совсем нетрудно найти объяснение этому внутреннему противоречию, но что после этого остается от надежды на достоверность, научность и объективность подобных разработок?

В-третьих, наивны попытки построить достаточно общие модели (тем более универсальную модель) для проверки и сопоставления результатов различных прогностических исследований. Очевидно, что при этом за *результат* принимаются все те же «угаданные» значения показателей, а сопоставление мыслится как формальное, коль скоро его центральным моментом является применение модели. Однако каждое прогностическое исследование имеет реальный объект, конкретную цель и базируется на определенной системе предпосылок (даже если в самой разработке ни то, ни другое, ни третье явно не формулируется). Когда по всем этим компонентам два прогноза совпадают, они должны совпадать и по результатам (иначе хотя бы в одном из них допущена ошибка, которую вряд ли может обнаружить «третья» модель). Если же подобного совпадения нет, то либо невозможность сопоставления результатов по какой угодно модели вполне очевидна сразу, либо осмысление этой задачи приводит к логико-гносеологическим проблемам (весьма характерным, например, для математики), анализ которых на первых же шагах обнаруживает с той же ясностью: *сопоставляющая* модель может быть только объемлющей по отношению ко всем сопоставляемым разработкам¹. И хотя «вавилонский синдром» иной раз и толкает некоторых исследователей к построению таких супермоделей, полезное следствие этих попыток может быть лишь одно: излечение от «вавилонского синдрома».

В-четвертых, сколь бы несостоятельными по критериям научности ни выглядели некоторые прогнозы, отсюда еще не следует, что они не способствуют, и в ряде случаев эффектив-

¹ Некоторые из возникающих в этой связи вопросов методологии моделирования сложных социально-экономических систем обсуждены в [9, 11].

но, реализации вполне конкретных целей — просто эти цели лежат за пределами науки, а наукообразие используется лишь как средство при их достижении.

Эти полемические замечания приведены здесь, чтобы подчеркнуть важность содержательного анализа проблем природопользования. Только на такой базе возможны продуктивные работы по прогнозированию, а пробелы в ней являются условием возникновения и широкого распространения далеких от науки «изделий» под видом серьезных научных исследований.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Один из основных мотивов данной статьи — не просто погруженность человеческой деятельности в природную среду, а достаточно полное взаимодействие с нею, предусматривающее, в частности, сильное влияние природы на характер такой деятельности. Нас должен интересовать процесс, в котором общество формирует свою стратегию взаимодействия с природой, а природа под воздействием реализации этой стратегии «генерирует сигналы», извещающие о том, успешны или нет предпринимаемые усилия. Поступающие сигналы, в свою очередь, воспринимаются и фиксируются обществом, но восприятие не является непосредственным, а происходит в соответствии со структурой хозяйства, с уже проявившимися тенденциями ее изменения, а также со структурой социальных институтов, осуществляющих экономическое управление или опосредованно влияющих на него. Тем самым создаются объективные предпосылки для внесения в полученную информацию разнообразных преобразующих ее влияний: некоторые сигналы могут многократно усиливаться, другие — демпфироваться, третьи — вовсе не попадать в поле зрения. В результате подобных преобразований представления о процессах, происходящих в реальности, искажаются, возникает риск концентрации значительных ресурсов для продвижения в неверно избранных направлениях. Одна из важнейших целей анализа экономических аспектов использования природных ресурсов — уменьшить такой риск, предоставляя обществу и лицам, принимающим решения, объективные, всесторонние и регулярно возобновляемые сведения, позволяющие выявить позитивные и негативные стороны альтернативных стратегий природопользования, различных крупных проектов, которые способны либо существенным образом из-

менить характер нашего взаимодействия с природой, либо повлиять на воспроизводство основных элементов и отношений социально-экономической структуры.

В большинстве работ по экономике природопользования ресурсы рассматриваются главным образом как потенциально вовлекаемые в хозяйственную и социальную деятельность; далее обычно констатируется, что, способствуя возрастанию могущества человеческого общества, эта деятельность неизбежно связана с выбросами в окружающую среду, которые частично могут играть роль нового ресурса, также допускающего рациональное применение. Для анализа воспроизводственного аспекта природопользования эти предпосылки, очевидно, недостаточны.

Человеческое общество в своем движении опирается на различные природные системы, обращая накопленный в них природный материал или формируемую ими аккумулярованную энергию на нужды своего развития. Взаимодействие с природой здесь двустороннее. В долгосрочном плане это означает, что, остановив свой выбор на определенных природных системах, общество создает специализированные, приспособленные именно для взаимодействия с ним структуры, т. е. в конечном счете испытывает *явное* влияние со стороны этих природных систем, ибо, специализируясь в течение длительного времени, теряет способность к быстрой адаптации для взаимодействия с качественно иными природными системами.

Именно в связи с этими обстоятельствами следует рассматривать проблему исчерпания природных ресурсов. С одной стороны, природа бесконечна как сама по себе, так и в тех проявлениях, которые могут стать источником существования развивающегося человеческого общества. Но с другой стороны, если уже имеет место активная специализация человеческого общества в аспекте его приспособления к ускоренному вовлечению определенных природных ресурсов, угроза исчерпания данного конкретного их вида, обладающего именно этими интересующими нас свойствами, особенностями и характеристиками, оказывается весьма реальной. Вот почему одновременно с ростом человеческой популяции и ее экономических атрибутов (при слабо меняющейся структуре использования природного материала) обязательно должен происходить процесс перехода от опоры на одни природные системы к опоре на другие. Естественно, такой переход означает перестройку воспроизводственной структуры хозяйства (см. [9, с. 502—503; 10; 12]) иногда в ее отдельных контурах, а при наиболее значительных сдвигах — в целом. Подобные процессы могут быть исследованы лишь при обращении к дол-

госрочным и сверхдолгосрочным аспектам воспроизводства, социально-экономического развития.

Из всех документов действующей системы планирования наибольший горизонт прогноза имеет Комплексная программа научно-технического прогресса. Этот горизонт составляет 20 лет — время, в течение которого трудно ожидать существенной перестройки ресурсной базы общества. В проекции на сегодняшние хозяйственные и социальные структуры информация о состоянии основных природных ресурсов через 20 лет в ряде случаев может быть получена с помощью достаточно естественных расчетных прикидок. Например, в зависимости от интенсивности порубок и воздействия случайных факторов типа пожаров можно с большой точностью очертить лесные угодья, доступные для хозяйственного использования через 20 лет и более. Учитывая время на подготовку запасов, освоение территорий, строительство карьеров, рудников и шахт, для многих видов минерального сырья можно построить весьма реалистические прогнозы на 20-летний период, не требующие особой фантазии, а лишь принимающие во внимание этапы реализации намеченных программ и отчетные данные об установившихся тенденциях изменения продолжительности подобных мероприятий. В тех случаях, когда рассматриваемые хозяйственные системы обладают особенно широкими масштабами, высокой инерционностью, для выявления тенденций их развития необходимо учитывать закономерности, формирование которых охватывает значительно более длительные отрезки времени, чем 20-летний. В предстоящие годы будут наблюдаться более активные проявления таких сверхдолгосрочных закономерностей, что связано со спецификой развития как в предшествовавший (1950—1980 гг.), так и в прогнозный период. Чтобы оценить особенности предстоящего периода в аспекте обеспеченности ресурсами, и в частности сырьем для различных отраслей народного хозяйства, обратим внимание на некоторые важные для прогноза закономерности общего характера.

В некоторых аспектах социальные и природные структуры значительно более устойчивы, чем экономические, ибо последние при всей их внешней инерционности обладают подвижностью в той мере, в какой это необходимо для обеспечения сбалансированного в главном взаимодействия природы и общества. Среди закономерностей, отражающих такое взаимодействие, прогнозным содержанием обладают следующие (см. также [10]):

1. В процессе своей деятельности человек воздействует на обнаруженные им «критические точки» в эксплуатируемых

природных системах, сводя к минимуму усилия, необходимые для изменения в естественном равновесии таких систем, и получает в итоге природное вещество. Используя при этом естественные механизмы положительной обратной связи в природной системе, человек получает возможность высвободить существенно больше полезного природного материала или энергии, чем было непосредственно затрачено в процессе производственной деятельности.

2. В то время как общий объем (измеренный в различных физических единицах) природных ресурсов, вовлекаемых в хозяйственный оборот, в расчете на каждого участника экономической деятельности в долгосрочной перспективе неуклонно растет (об этом свидетельствуют все статистические исследования), относительная экономическая оценка некоего «совокупного природного фактора», обусловленная соответствующими затратами труда, падает (как свидетельствует, хотя и в слишком общей форме, требующей конкретизации, предшествующий п. 1).

3. Если обратиться к эволюции хозяйственного использования какого-либо отдельного ресурса, то расширение его применения обычно сопровождается совершенствованием соответствующих технологий (разведки, добычи, транспортировки, извлечения полезных компонентов, их переработки и т. д.), что и определяет снижение относительной экономической оценки на фазе *роста*. Тем временем может быть подготовлена почва для замены данного ресурса другим, способствующим большей продуктивности воспроизводственных контуров, их целесообразной модификации. Наступает фаза *спада*, но отмеченная тенденция снижения относительной оценки обычно сохраняется, хотя и поддерживается теперь уже иным фактором — эффектом вытеснения.

4. Только в случае, когда исчерпание ресурса в доступных формах (т. е. тех, на которые ориентирована существующая воспроизводственная структура) начинает сказываться на затратах труда по его эксплуатации раньше, чем будут созданы условия для замены, возможно отклонение от общей тенденции снижения относительной оценки — временное и «локальное» — в номенклатуре ресурсов. Подобные отклонения типичны именно для переходных периодов, характеризующихся сильными напряжениями в воспроизводственных контурах; разрешение подобных напряжений достигается крупными технологическими сдвигами, перестройкой воспроизводственных структур.

5. Заимствуя у природы ресурсы, человек опосредует часть природного материала экономически (т. е. снабжает

экономической оценкой), а часть вовлекает в хозяйственный оборот, не снабжая такой оценкой непосредственно. Целесообразный хозяйственный результат возможен лишь при условии, что темп прироста экономически не опосредованного природного материала выше темпа роста «производимого», т. е. экономически оцениваемого, ресурса. Без опережения в темпах не будет базы для роста производительности труда в соответствующих воспроизводственных контурах (ср. п. 2). Если же этот рост достигается за счет других источников, то отклонение объемов экономически не опосредованного природного блага и экономически опосредованного все равно растет благодаря более эффективному использованию последнего.

Особую роль среди всех природных компонентов, участвующих в производстве, играет энергия. Дополнительные ее количества позволяют компенсировать ухудшение качественных характеристик разнообразного природного сырья, рост ее концентрации дает возможность преодолеть те природные силы, которые препятствуют высвобождению из естественного материала полезных компонентов. Фазы роста и спада по отношению ко всему ресурсному сектору экономики связаны с обеспеченностью энергией. Появление нового энергетического ресурса более высокой концентрации, потребление которого быстро расширяется при высокой технологичности соответствующих процессов, способно породить длительную фазу роста всего ресурсного комплекса, так как позволяет преодолеть многие трудности путем вовлечения дополнительных объемов энергии. Если же доступность подобного достаточно универсального источника энергии перестанет увеличиваться столь же быстро, как до этого, то обществу предстоит чрезвычайно трудный период ускоренных структурных перестроек, обеспечивающих выход из создавшейся ситуации. Рациональное природопользование предполагает единую долгосрочную стратегию в этой области, тесно взаимодействующую с решением социальных и хозяйственных задач.

РАЗВИТИЕ СЫРЬЕВОГО СЕКТОРА: СЛУЧАЙ ЗАМКНУТОЙ ЭКОНОМИКИ

Замкнутое, т. е. не имеющее внешнеэкономических связей, хозяйство — удобная теоретическая абстракция для предварительного изучения различных аспектов природопользования. Некоторые важные для долгосрочного анализа тенденции отчетливо видны именно при таком упрощении,

поскольку в реальных социально-экономических системах, активно взаимодействующих между собой, эти тенденции видоизменяются под воздействием иных разнообразных факторов и, в свою очередь, влияют на них. Чтобы разобраться в подобных переплетениях причин и следствий, надо начать с вопросов, варианты решения которых просматриваются уже в случае замкнутой экономики.

Очень важным оказывается вполне самостоятельный вопрос о том, какие темпы и объемы освоения и вовлечения в хозяйственный оборот конкретной природной системы можно считать допустимыми и как заранее определить те границы, по достижении которых анализу альтернативных вариантов следует уделять уже экстраординарное внимание. Другой вопрос состоит в том, сколь грандиозными могут быть проекты, которые общество может себе позволить с целью «преобразования» природы. Он относится не только к природным системам, т. е. определяет задачу не только экологии или природопользования, — в такой же мере он касается самой социально-экономической, производственно-хозяйственной системы. Необходимо ясно представлять себе, какие напряжения могут оказаться для этой системы оправданными с точки зрения ее внутренних возможностей. Вряд ли удастся конструктивно ответить на поставленный вопрос в общей постановке. Видимо, реалистично рассчитывать лишь на то, что в конкретных случаях можно указать, какие из способов освоения более, а какие менее предпочтительны для реализации.

Вовлечение в хозяйственный оборот ресурсов из новых природных сфер, осуществляемое в крупных масштабах, только тогда становится приемлемым, когда благодаря этому создается новый, существенно более продуктивный по сравнению с ранее действовавшими воспроизводственный контур [12], удовлетворяющий определенную функциональную потребность общества. Кардинальное решение при этом связано с использованием нового способа обеспечения процессов энергией, с внедрением технологий жизнеобеспечения, с осуществлением принципиального скачка в росте производительности труда, рассчитанной по *всему* воспроизводственному контуру (только наличие такого скачка способно оправдать идею проникновения в новые природные сферы). Если эти условия не будут удовлетворены, а само решение не окажется достаточно простым и легко воспроизводимым, то начатое движение в новом направлении не получит необходимой для своего продолжения интенсивной и постоянной поддержки, натолкнется на сильное внутреннее сопротивление

ние и постепенно приостановится. Это означает, что освоение новой хозяйственно-ресурсной сферы либо начато на основе комплекса технологий, содержащих ошибочное решение, либо преждевременно и должно быть отложено до тех пор, когда все хозяйство будет способно поддерживать необходимые для такого освоения производственные процессы.

С воспроизводственной точки зрения уже нельзя рассматривать рост добывающих отраслей в качестве безусловного блага, исходя только из того, что данный процесс ведет к расширению ресурсной базы всего промышленного производства, к повышению значений стандартных экономических измерителей (совокупный общественный продукт, национальный доход и т. п.). При таком подходе вовсе не безразличными оказываются те расходы, которые предпринимает все хозяйство ради оснащения добывающих отраслей и обеспечения их деятельности. При длительном сохранении основных структур природопользования эти расходы имеют тенденцию расти быстрее, чем объемы добываемого сырья. Стремление разрабатывать те же ресурсы во всевозрастающих количествах и при мало меняющихся технологиях приводит к ухудшению условий добычи, к тому, что добывающие отрасли предъявляют дополнительный спрос на оборудование, трудовые ресурсы и энергию.

Вряд ли способна охватить воспроизводственный аспект экономического развития и сложившаяся в настоящее время концепция так называемых конечных показателей. Тяжелые машины, применяемые в добывающих отраслях, хотя и рассматривают сегодня в качестве конечного продукта, с долгосрочной воспроизводственной точки зрения не имеют самостоятельной ценности для человека, а нужны лишь постольку, поскольку обеспечивают внутренние процессы производства.

Данный пример подчеркивает, что отнесение тех или иных продуктов к конечным или промежуточным в существенной степени зависит от горизонта анализа и иллюстрирует извечное противоречие между текущими и долгосрочными интересами. Поэтому вполне реальной представляется ситуация, когда хозяйство, чрезмерно ориентированное на развитие сырьевых отраслей, создаст предпосылки для образования в своих воспроизводственных контурах узких мест, обусловленных заказами от природоэксплуатирующих отраслей (прежде всего обнаружится дефицит мощностей машиностроения и производства конструкционных материалов). В результате значительная часть хозяйственной деятельности в подобной замкнутой экономике может протекать по воспроизвод-

ственным контурам, имеющим незначительный выход в остальное хозяйство, но характеризующимся высоким уровнем внутреннего оборота и тем самым вносящим большой вклад в итоговые для экономики значения стандартных измерителей. Подчеркнем, что речь идет о внутреннем обороте по воспроизводственному контуру (например, железная руда—концентрат—металл—машины для обработки руды, ее транспортировки и обогащения, производства металла); от его влияния на макроэкономические показатели не удается освободиться методами, с помощью которых элиминируется «повторный счет» при исчислении таких измерителей.

Очень существенно, что формирование подобной ситуации обуславливается не отсутствием сбалансированности между отраслями, занятыми разными стадиями обработки природного материала (а именно о сбалансированности такого рода ставится вопрос в различных экономико-математических построениях). Причиной может быть лишь искажение воспроизводственной структуры всего хозяйства, проявляющееся в завышении доли сырьевых производств.

Последствия длительного сохранения подобных структурных диспропорций в замкнутом хозяйстве могут оказаться весьма ощутимыми. Недостаточное внимание к производствам, занятым изготовлением оборудования для обрабатывающих отраслей (это явление представляется неизбежным следствием гипертрофированного развития добывающей промышленности), приведет к росту материалоемкости продукции, к снижению ее качества, а в итоге к дефициту продукции добывающего сектора экономики. Последний феномен будет наблюдаться не сразу, а спустя несколько воспроизводственных периодов (длительность такого периода можно считать соизмеримой со средним сроком службы оборудования), после возникновения устойчивых диспропорций в добывающем секторе.

Парадоксальность подобной ситуации состоит именно в том, что нехватка продукции сырьевых отраслей возникает на фоне чрезвычайно больших объемов ее производства и порождается способом использования вовлеченного в хозяйственные процессы сырья в воспроизводственных контурах. Если в течение длительного времени ослаблено внимание к развитию принципиально новых технологий в обрабатывающей промышленности, то естественная для традиционных видов сырья тенденция к ухудшению условий добычи и природного качества не получает необходимой компенсации со стороны факторов, в совокупности условно трактуемых как «научно-технический прогресс».

Для замкнутого хозяйства долгосрочные негативные последствия имеет и длительное недостаточное инвестирование добывающих производств. В частности, в этом случае возникают стихийно или иницируются искусственно процессы ресурсосбережения, в известной мере аналогичные результатам «парадоксального дефицита» сырья при гипертрофированном развитии сырьевого комплекса. Однако ресурсосбережение, как долгосрочная стратегия, непременно предполагает процесс замещения одного производственного ресурса другим, а поскольку участие каждого ресурса необходимо и эластичность замещения никак не может превышать единицы, то решающая роль принадлежит тому отношению между объемами ресурсов, с которого начинается этот процесс. Энергосбережение, как доминирующая долгосрочная стратегия в ресурсообеспечении, в конечном счете означает замещение энергии живым трудом, т. е. отказ от многих завоеваний технического прогресса.

Политика энергосбережения оправдана постольку, поскольку она направлена на преодоление перекосов, связанных с недостаточным либо избыточным финансированием добывающего сектора и с расточительным расходом природных факторов, на создание технологий, существенно опережающих достигнутый уровень взаимодействия общества с природой, но и в этом случае речь должна идти скорее о рациональном использовании производимой энергии, нежели об относительном сокращении ее производства или о снижении энерговооруженности живого труда. В иных ситуациях искусственное энерго- и ресурсосбережение может явиться фактором, способствующим тенденции к техническому отставанию. Это обстоятельство, как и опережающий рост потребности в сырье по мере гипертрофии объемов его производства, является проявлением положительной обратной связи, характерной для рассматриваемой ситуации и усиливающей ее негативные свойства, особенно заметные в долгосрочном аспекте.

В связи с указанными закономерностями долгосрочного взаимодействия хозяйства с природной средой поучительно проанализировать связь научно-технического прогресса в сфере природопользования и ресурсообеспечения с темпами роста всего народного хозяйства. В процессе экономического анализа нередко ускользает из поля зрения то обстоятельство, что экономические измерители — весьма условное отражение хозяйственной реальности, а потому позитивные сдвиги в развитии не обязательно и далеко не всегда получают отражение в увеличении таких показателей и, наоборот, их рост

еще не означает, что вызвавшие его действия были необходимы и полезны для общества. Нередко при обсуждении дальних перспектив развития экономики пытаются найти ответ на вопрос: какие конкретные мероприятия научно-технического характера, проведенные в сфере природопользования и ресурсообеспечения, способны привести к увеличению общих темпов экономического роста? На наш взгляд, подобный вопрос трудно интерпретируем содержательно даже по отношению к другим сферам народного хозяйства, ибо при долгосрочном анализе структурные сдвиги и формальные характеристики общей динамики настолько переплетены, что невозможно отделить одни от других и при этом с достаточной уверенностью говорить о предпочтительности высоких темпов по сравнению с менее высокими.

Когда речь идет о непосредственном взаимодействии с природой, результатом тех положительных обратных связей, которые упоминались выше, оказывается достаточно распространенное, но на первый взгляд парадоксальное явление: внедрение наиболее совершенных и передовых в данный исторический момент технологий ресурсообеспечения может вести не к увеличению, а к уменьшению общих темпов экономического роста. Рассуждая в терминах воспроизводственного подхода, понять такую возможность совсем нетрудно. Ведь период высоких темпов роста соответствует ускоренному вовлечению однородных ресурсов. Как только подобные возможности исчерпаны, вообще говоря, начинается процесс утяжеления ресурсного основания экономики, ибо требуется больше усилий для вовлечения того же количества ресурсов. Если технологии не были своевременно модифицированы, а темпы вовлечения тех же ресурсов сохранялись, то в момент, когда станет необходим переход к новым ресурсам и сферам природы, окажется, что прежние производственные контуры придется сокращать, а это получит отражение в уменьшении значений формальных характеристик экономического роста. Более того, односторонне ориентируясь на экономический рост как на общий показатель развития, хозяйство не будет ставить такую цель, как переход к новым видам ресурсов и к освоению некоторых новых сфер природы. Не получают в этом случае развития и идеи комплексного использования ресурсов, ибо их реализация также ведет к сокращению ряда действующих производственных контуров, к уменьшению темповых характеристик.

До сих пор речь шла о замкнутой экономике. Однако экономика, добывающий сектор которой чрезмерно развит, не может долго оставаться замкнутой. Внутренние процессы

неизбежно приводят к возникновению предпосылок, обеспечивающих корректировку воспроизводственных структур. То же самое можно сказать и об отклонении в иную сторону, когда инвестирование добывающих производств оказывается недостаточным. Как бы нежелательно ни выглядели отклонения в обе стороны от обусловленного потребностями и характером воспроизводства уровня развития добывающего сектора, в реальной жизни они неизбежно присутствуют, взаимодействуют друг с другом и стимулируют дальнейшее развитие всего хозяйства.

ПРИРОДНОЕ СЫРЬЕ В МЕЖДУНАРОДНОМ РАЗДЕЛЕНИИ ТРУДА

Качественно иные аспекты присоединяются к уже обсуждавшимся при формировании воспроизводственных процессов в экономике, обладающей развитыми внешними связями; такое хозяйство может легко потерять чувствительность к внутренним структурным диспропорциям. Более того, при определенных условиях возникают предпосылки для закрепления и углубления деформации воспроизводственных структур. Подобная деформация, как правило, становится первым этапом при возникновении некоторой новой общности, например при усилении интеграционных процессов в некотором регионе, объединяющем ряд стран, а также в процессе формирования единого мирового хозяйства. Становление интегрированного района, объединяющего ряд стран, достаточно близких по уровню технологических возможностей, — процесс естественный, он в какой-то мере направлен на преодоление ресурсной ограниченности, неизбежной для малых и даже средних территорий, наделенных политическим суверенитетом. В таком случае интеграция становится средством диверсификации ресурсной основы производственных процессов, а при рациональном использовании интеграционных сил появляется потенциальная возможность обеспечения принципиально иных по характеру условий участия интегрированного региона в отношениях с развивающимися странами, т. е. возможность расширения ресурсной базы за счет вовлечения источников сырья из различных географических точек мира.

Прежде всего необходимо обратить внимание на существование многочисленных воспроизводственных контуров, не укладывающихся в рамки отдельного национального хозяйства. Это явление характерно практически для всех стран, так или иначе вовлеченных в систему международного капи-

талистического разделения труда. В этой системе сложилась так называемая расслоенная воспроизводственная структура хозяйства [9], ресурсное основание которой в весьма значительной мере образовано соответствующими секторами экономики развивающихся стран, а наиболее «высокие» этажи (прежде всего наукоемкие производства) полностью сформированы элементами хозяйства развитых капиталистических государств. Распространение воспроизводственных контуров на ряд стран вовсе не является следствием лишь географического распределения полезных ископаемых. Оно обусловлено главным образом спецификой капиталистического разделения труда, стремлением более развитых стран вытеснить отрасли сырьевого комплекса в менее развитые регионы. И дело здесь не только в том, что на сегодняшний день геологические ресурсы развивающихся стран не так интенсивно эксплуатировались, как ведущих капиталистических государств, и заведомо не в том, что последние будто бы обладают значительно меньшими запасами полезных ископаемых.

Развитые капиталистические страны, если рассматривать их в совокупности, располагают крупными запасами ряда важных видов минерального сырья. Значительны природные ресурсы ведущей страны капиталистического мира — США. Однако потребности своей промышленности США предпочитают удовлетворять за счет импорта [18]. Развивающиеся страны обладают значительными запасами ряда минеральных ресурсов [14, 18]. Преобладающая часть производственных мощностей по их разработке находится под контролем транснациональных корпораций, соответствующая продукция вывозится в развитые капиталистические страны.

Попытаемся объединить эту информацию в некое единое представление о том, каким образом обеспечивается минеральным сырьем мировое капиталистическое хозяйство, привлекая некоторые дополнительные сведения.

Начнем с того, что для Японии и ряда стран Западной Европы сильная зависимость от поставок сырья, особенно энергетического, из других регионов мира является существенным сдерживающим фактором. Рост потребности в минеральном сырье наталкивается на угрозу срыва импортных поставок из-за тех или иных политических катаклизмов в развивающихся странах. В этих условиях тенденция к самообеспеченности представляется весьма естественной, особенно там, где имеются объективные предпосылки для этого, т. е. альтернативные месторождения, расположенные либо на собственной территории, либо на территории постоянных надежных партнеров по интеграционным группировкам.

Однако эта тенденция является слабо выраженной, а в США на деле почти не проявляется. Спрашивается: какой резон развитым капиталистическим странам сохранять свою сырьевую «зависимость» от развивающихся стран, по крайней мере в тех сферах, где имеется реальная возможность ее преодоления (см. [14, 18])?

Ответить на этот и смежные вопросы, привлекая аргументы только конкретно экономического и технологического характера, конечно, нельзя. Требуется более широкий подход к проблемам обеспечения мирового хозяйства сырьем, учет не только отношений спроса и предложения, являющихся по своей сути отражением текущего взаимодействия хозяйственных структур, но и процессов воспроизводства, приводящих в конечном счете к модификации действующих и к созданию новых структурных элементов.

Положения марксистской политической экономии капитализма о сырьевой ориентации менее развитых стран при их включении в международное капиталистическое разделение труда, благодаря которой появляется возможность их экономического закабаления, остаются и по сей день справедливыми. Кризисные явления последних десяти лет позволяют углубить наши знания, обнаружить новые стороны старых, тщательно изученных процессов, происходящих в мировом капиталистическом хозяйстве. Все, что говорилось выше об отношении общества, производственно-хозяйственной системы и природы применительно, как правило, к замкнутой системе, необходимо спроецировать на структуры, более близкие реальности.

Развивающиеся страны концентрируют подавляющую часть своих весьма ограниченных, если считать на душу населения, экономических ресурсов, чтобы, эксплуатируя природные системы, произвести сырье, которое нужно им для обмена на иностранную валюту. Возникает весьма специфическая форма включения развивающихся стран в капиталистическое разделение труда, при которой они участвуют в поддержании воспроизводственных процессов в контурах, непосредственно не связанных с их собственными интересами, в то время как все необходимое для внутреннего развития, в том числе и продукцию, произведенную с их участием, они должны приобретать на рынке на общих условиях. Тем самым продукция, производимая в развивающихся странах, продается в основном по ценам, тяготеющим к издержкам производства, а приобретаемые ими товары поступают на рынок по ценам, учитывающим и среднюю норму прибыли, и монопольные надбавки, и налоги, и таможенные пошлины.

Выше мы уже касались проблемы исчерпания природных ресурсов. Развивая высказанные положения, можно утверждать, что реально угроза исчерпания тех или иных природных богатств возникает перед экономикой, не сумевшей своевременно и конструктивно среагировать на деформации социальных и воспроизводственных структур. В рамках капиталистического хозяйства, и тем более мирового капиталистического разделения труда, искажение воспроизводственной структуры более слабого экономически партнера оказывается неизбежным. Участвуя в воспроизводственных контурах, созданных более могущественными партнерами, он не может обеспечить за счет импорта необходимый уровень воспроизводства в тех контурах, которые поддерживают удовлетворение основных потребностей членов общества в соответствующей стране. Внешнеэкономические обязательства в итоге оказываются приоритетными, а валютные средства более предпочтительными. Эта ситуация воспроизводится, как правило, в расширяющихся масштабах и приводит в конечном счете к тому, что развивающиеся страны в условиях расслоенной воспроизводственной структуры хозяйства специализируются на природоемких, в том числе на ресурсоемких и экологоемких, а также на трудоемких (по неквалифицированным видам труда) производствах. При этом возможности осуществления производства экспортной продукции технологически зависят от поставок оборудования, комплектующих деталей или материалов из развитых капиталистических стран.

Таким образом, активное включение в международное капиталистическое разделение труда объективно ведет к искажению воспроизводственной структуры экономически менее развитого партнера, которое выражается, как правило, в «утяжелении» ресурсного основания его экономики. Помимо этого, развитые капиталистические страны, транснациональные корпорации предпринимают специальные усилия для закрепления этой тенденции и предотвращения выбора развивающимися странами стратегии развития, способной вывести их из международного капиталистического разделения труда.

Специального обсуждения заслуживает положение, сложившееся в мировом хозяйстве в третьей и четвертой четвертях нынешнего столетия, на рубеже которых в результате разразившегося энергетического кризиса произошел резкий перелом тенденций общего экономического развития, вызвавший трансформацию взглядов в отношении роли сырья. Под воздействием двух факторов — быстрого прогресса в развитии крупнотоннажного морского транспорта (импульс

этому был дан второй мировой войной) и распада мировой колониальной системы — в течение всего периода, с 1950 по 1973 г., происходил быстрый рост географических территорий, ресурсы которых оказывались доступными при вовлечении в международное капиталистическое разделение труда. В результате структурные сдвиги в экономике ведущих капиталистических стран, назревшие к началу 60-х годов и требовавшие перехода к ускоренному вовлечению в хозяйственный оборот новых природных сфер, были отложены на неопределенное время. Сложился специфический тип научно-технического прогресса, основанный на простейших способах преодоления препятствий для развития посредством привлечения все больших количеств энергии и природного материала. Многие технологические направления, казавшиеся перспективными до войны и ориентированные на структурную перестройку добывающего сектора экономики, отошли на второй план, как неактуальные.

В результате подобного развития, продолжавшегося четверть века, вначале появилась иллюзия, что ресурсная проблема никогда уже более не возникнет, что она решена раз и навсегда и единственная заслуживающая внимания задача состоит в поиске способов извлечения огромных масс ископаемых, обогащения породы и экстракции полезного компонента. Затем, когда, как казалось, «неожиданно» возникли «пределы роста», эта иллюзия сменилась иной, ничуть не менее конъюнктурной, — призраком близкого исчерпания основных природных ресурсов нашей планеты.

Прежде чем перейти к анализу перспектив развития сырьевого комплекса нашей страны, сформулируем на основе предшествующего изложения и некоторых других теоретических исследований [4, 9, 10] ряд выводов, которые, как представляется, нужно учитывать при формировании соответствующей стратегии.

Во-первых, понижение относительной оценки обобщенного природного ресурса является в конечном счете необходимой предпосылкой технического прогресса, а гипертрофированное развитие сырьевого основания экономики, «утяжеляющее» ее воспроизводственную структуру, является для него сдерживающим фактором.

Во-вторых, получение крупных выгод от экспорта сырья (в расчете на душу населения) возможно лишь для малых стран, обладающих уникальными по объему и качеству запасами ресурсов. Эти страны не преследуют, как правило, далеко идущих целей воспроизводственного характера и до-

вольствуются предоставившейся им возможностью участвовать в международном разделении труда.

В-третьих, многочисленные сопоставления динамики роста цен на сырье и готовую продукцию за длительные отрезки времени, проведенные учеными ряда стран, лишены какой-либо реальной основы хотя бы потому, что рост цен на сырье учитывается при изготовлении готовой продукции, а рост цен на оборудование учитывается при калькуляции цен на сырье. Неудивительно, что наиболее добросовестные специалисты фиксируют совпадение или близость темпов роста соответствующих индексов цен, когда принимаются во внимание достаточно длительные (порядка ста лет) периоды. Рассчитываемые официальные индексы цен улавливают реальные изменения в условиях обмена лишь как тенденцию в отношении цен на сырье и вовсе не могут регистрировать даже быстрый рост цен на оборудование, который статистически слабо выражен из-за существования графы «новые товары».

В-четвертых, преобладание в экспорте сырья, природоёмкой и трудоёмкой продукции, а в импорте — оборудования, наукоемкой и высококачественной продукции, как правило, оборачивается так называемым трансфертом темпов роста: избравшая подобную стратегию страна значительную часть собственных экономических усилий фактически безвозмездно передает другим участникам внешнеэкономического обмена. В частности, ее экономика может расти более высокими темпами, но из-за специфики воспроизводственных структур обменивающихся хозяйств это не ведет к выравниванию ни уровней обеспеченности потребляемыми экономическими благами, ни научно-технических и экономических потенциалов.

В-пятых, такая стратегия, будучи однажды избранной, имеет тенденцию самоподдерживаться, ибо каждое соответствующее ей решение воспринимается как наиболее эффективное в данных условиях и взаимовыгодное для участников обмена и способствует воспроизведению аналогичных условий в будущем.

ОБ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СТРАТЕГИЯХ РАЗВИТИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ СССР

Долгосрочные прогностические исследования предпланового характера призваны содействовать разработке общей стратегии социально-экономического развития нашей страны, и в частности стратегии в области освоения и вовлечения в хозяйственный либо во внешнеэкономический оборот собственных природных ресурсов. В связи с такими прогности-

ческими задачами необходимо обсудить ряд конкретных теоретических положений, выдвигаемых для обоснования крупномасштабных решений, ориентированных на развитие мирохозяйственных связей СССР. Обобщая изложенное выше, отметим, что положение СССР и развитых капиталистических стран с точки зрения возможного участия в международном разделении труда принципиально различно. Очевидно, что обладание обширной территорией и богатыми недрами автоматически не становится фактором, обеспечивающим преимущество в экономическом развитии. В соответствии с общими принципами системного исследования (см. [5, 15, 17]) для решения этой проблемы, т. е. для превращения соответствующих потенциальных возможностей в реальность, требуются, во-первых, выявление альтернативных долгосрочных стратегий ресурсопользования и ресурсообеспечения; во-вторых, оценка последствий, связанных с выбором каждой из этих стратегий, а также их возможных комбинаций; в-третьих, определение средств экономического развития, противодействующих проявлению нежелательных тенденций; в-четвертых, выбор конкретных мероприятий, реализация которых отвечает требованиям стратегии, признанной рациональной.

Особенностью народного хозяйства СССР является неизбежность дальних и даже сверхдальних (по мировым масштабам) сухопутных перевозок. Мы не можем заменить сухопутные перевозки морскими в том же объеме, как это сделали развитые капиталистические страны, поскольку должны ориентироваться главным образом на вовлечение собственных ресурсов, расположенных в глубине материка, а основная прибрежная полоса наших морей, в которые возможен выход из вновь осваиваемых районов, бывает свободна от льдов лишь короткое время в течение года. Учитывая, что средняя стоимость перевозки 1 тонно-километра груза железнодорожным транспортом примерно в 20 раз выше, чем морским (при использовании современных крупнотоннажных судов, предназначенных для комбинированных перевозок) [16, с. 58], можно сделать вывод о том, что значительная часть природных ресурсов СССР объективно менее доступна, чем аналогичные ресурсы, которые используются развитыми капиталистическими странами.

Многие из крупных эксплуатируемых в настоящее время месторождений расположены в регионах нашей страны, малопригодных или вовсе непригодных для отвечающей современным стандартам постоянной жизнедеятельности. Вовлечение природных ресурсов необжитых регионов связано с огромными издержками при добыче и транспортировке,

а сырье, имеющееся в обжитых регионах, приходится извлекать с больших глубин, существенно обогащать, что не избавляет от достаточно дальних перевозок различных компонентов, необходимых для реализации технологических процессов.

Все это требует активной структурной политики. Наша страна должна находиться в авангарде технического прогресса, связанного с вовлечением новых природных систем и внедрением новых технологий. На самом деле при этом возникает дилемма, обусловленная выбором между таким типом развития, с одной стороны, и освоением необжитых и труднодоступных регионов с целью расширения добычи традиционного сырья, с другой стороны. Реализация второй из этих альтернатив стимулируется практически всеми уже существующими хозяйственными структурами, хотя и наталкивается на трудности объективного характера, подчас чрезвычайно серьезные. В то же время первая альтернатива в большинстве случаев не требует преодоления внешних препятствий, но ее осуществление, как правило, вступает в противоречие с интересами ранее созданных и достигших к настоящему времени своей зрелости (и уже потому инерционных) структурных образований. Данная стратегия оказывается труднореализуемой из-за препятствий институционального и организационного характера. Лишь некоторые возникающие в связи с этой дилеммой экономические и технологические вопросы рассматриваются ниже.

Точка зрения, в силу которой ресурсная база СССР должна в будущем практически целиком концентрироваться в восточных районах страны и в районах Крайнего Севера, выглядит весьма убедительной, если анализировать проблемы обеспечения нашего народного хозяйства сырьем с позиций почти каждого конкретного министерства. Ибо любым таким органом управления границы отрасли не воспринимаются как искусственные и обращенные в прошлое, а представляются естественными и незыблемыми. Однако далеко не все аргументы в пользу перемещения добывающих отраслей на восток и на север обусловлены ведомственным взглядом в будущее. Такое перемещение активно осуществляется и будет происходить еще более интенсивно. Однако целостная стратегия развития требует рационального сочетания освоения отдаленных районов с поиском альтернатив, позволяющих вовлекать в хозяйственный оборот новые ресурсы давно освоенных регионов на базе специально разработанных для этой цели технологий. Необходимо иметь в виду весь комплекс проблем, связанных с освоением новых регионов, и прежде всего учет долгосрочных воздействий этого процесса на народное хозяй-

ство, инициирование желательных и целесообразных структурных сдвигов в экономике (см. об этом [6, 7]).

Освоение новых регионов и природных сфер может осуществляться либо на основе традиционных технологий для добычи традиционного сырья, либо с привлечением специально разработанных новых технологий. В первом случае если будут осваиваться ресурсы, требующие крупнотоннажных перевозок, то центральной станет проблема транспортировки сырья между пунктами, разделенными значительными пространствами суши. Использование для этой цели развитых к настоящему времени транспортных средств в принципе не может привести к желаемым результатам, ибо в дополнение к ускоренному развитию добывающих отраслей на экономикой начнет оказывать давление растущий опережающими темпами объем дорогостоящих перевозок. Отдаленные регионы могут стать реальным источником сырья для всего народного хозяйства при сохранении в основных чертах его нынешней воспроизводственной структуры лишь в том случае, если будет осуществлен быстрый прогресс в области транспорта, способный обеспечить сухопутные коммуникации при относительно малых удельных затратах. Независимо от того, как будет выглядеть решение данной проблемы (дирижаблестроение, свайные монорельсовые дороги или комбинации ряда возможных альтернатив), здесь также придется преодолеть инерционность уже существующих структур.

Еще одно важное требование, которое должно быть удовлетворено для решения задачи освоения природных ресурсов отдаленных районов, — создание специально разработанных и в большинстве своем принципиально новых технологий для работы в суровых условиях. Ограничиваться и далее выпуском оборудования в северном исполнении или адаптированного для эксплуатации в условиях пустынь уже недостаточно. В этих регионах необходимы технологии следующего поколения по сравнению с применяемыми на «традиционных» территориях. Такие технологии могут быть значительно более энергоемкими, менее «экономичными» при их оценке с позиций общехозяйственных структур, господствующих в настоящее время, но главное, чем они обязаны обладать, — способность образовывать комплекс взаимосвязанных процессов, обеспечивающих в значительной мере автономное и целевое развитие хозяйства, отдаленного от базовой экономики и опирающегося главным образом на местные ресурсы. Решение подобной задачи требует принципиально иного — уже не отраслевого, а преимущественно регионального — отношения к поиску, подготовке и освоению запасов многих жизненно

важных полезных ископаемых. В частности, небольшие месторождения, расположенные пусть даже в отдаленных районах, намеченных к освоению, могут представлять огромную ценность для комплексного освоения этих районов, для того чтобы избежать ненужных грузопотоков и сделать задачу вовлечения природных богатств отдаленных необжитых местностей менее обременительной для всего народного хозяйства.

Еще одно важное направление комплексного использования природных ресурсов — совершенствование и доведение до стадии промышленного освоения уже существующих технологических решений, обеспечивающих сепарацию полезных компонентов, содержащихся в сырье, при использовании входящей в него энергетической составляющей (пример рассмотрен в [7]). Эта задача при ее правильной конкретизации и решении может позволить принципиально по-иному взглянуть на перспективы переработки высокозольных углей и сланцев, содержащих значительное количество алюминия, железа и других полезных компонентов. Технологические решения для освоения подобных ресурсов, расположенных в давно обжитых или близких к ним регионах, могут стать более продуктивными благодаря сопряжению соответствующих производств с крупными АЭС. Следует заметить, что значительная часть энергии при этом не будет производиться в качестве конечного продукта отрасли, что может серьезно повлиять на рост стандартных агрегатных показателей и потому уменьшает заинтересованность существующих организационных структур в реализации подобных направлений технического прогресса.

Конкретизируя стратегию развития, следует с особым вниманием относиться к тем принимаемым сегодня решениям, последствия которых скажутся через несколько десятков лет. Один из главных вопросов, возникающих в связи с этим, — отношение к крупным и сверхкрупным проектам. На наш взгляд, все разработанные к настоящему времени методики оценки эффективности неприменимы к подобным решениям, особенно при длительных сроках их реализации, главным образом из-за того, что структура хозяйства меняется и к моменту ввода соответствующих объектов их значение придется оценивать уже с точки зрения новых структур².

² Например, нетрудно представить себе ситуацию, когда в момент проектирования ГЭС ее сооружение кажется достаточно оправданным, в то время как в дальнейшем, может быть еще до окончания строительства, обнаруживается, что решение той же задачи иным способом (в частности, с помощью АЭС) более рационально.

Отличительной чертой социалистического природопользования является то, что природные ресурсы при социализме принадлежат всему обществу, а это обеспечивает объективные предпосылки для создания системы рационального природопользования. Это фундаментальное свойство определяет ряд важных следствий.

1. Существует возможность согласования интересов, начиная от текущих и краткосрочных и кончая долгосрочными и сверхдолгосрочными, и создания на этой основе эшелонированной преемственности в рамках народнохозяйственной системы природопользования.

2. Существуют предпосылки для адекватного соотнесения народнохозяйственных и региональных интересов путем активного претворения в жизнь принципов, лежащих в основе советского государственного устройства и предусматривающих, в частности, необходимость обеспечения каждому из обжитых и обживаемых регионов максимальных возможностей для полного и всестороннего развития.

3. Предполагается постоянный учет социальных последствий реализации конкретных программ в сфере природопользования, в том числе принятие крупных хозяйственных решений, размещение капитального строительства в соответствии с необходимостью равномерного распределения социальных нагрузок по различным регионам.

4. Отсутствует объективная заинтересованность социалистического общества как в гипертрофированном развитии сырьевой базы исключительно с целью поддержания гарантированного импорта, так и в эксплуатации природных ресурсов других стран с целью вынесения за пределы страны (когда это не оправдано стремлением к использованию географического разнообразия) добывающих отраслей, «утяжеляющих» воспроизводственную структуру народного хозяйства.

5. Отсутствует тенденция к автаркии; справедливый обмен деятельностью в рамках международного разделения труда, предусматривающего, в частности, обмен ресурсами, является сознательно поставленной целью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981.
2. Актуальные вопросы идеологической, массово-политической работы партии: Постановление Пленума ЦК КПСС, 15 июня 1983 года. — Коммунист, 1983, № 9, с. 39—46.

3. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1980.
4. *Арбатов А. А.* Особенности функционирования минерально-сырьевого сектора в различных типах хозяйств.— Экономика и мат. методы, 1983, т. 19, вып. 2, с. 197—205.
5. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973, 270 с.
6. *Вертман А. А., Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Стратегии освоения необжитых районов.— Экономика и мат. методы, 1981, т. 17, вып. 5, с. 890—910.
7. *Вертман А. А., Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Комплексное использование ресурсов и долгосрочные программы развития регионов.— Экономика и мат. методы, 1982, т. 18, вып. 4, с. 641—652.
8. *Гешвиани Д. М.* Глобальные проблемы и роль науки в их решении.— Вопр. философии, 1979, № 7, с. 90—101.
9. *Данилов-Данильян В. И., Лопухин В. М., Рывкин А. А.* К формированию долгосрочной экономической стратегии развивающихся стран (крит. анализ).— Экономика и мат. методы, 1981, т. 17, вып. 3, с. 497—514.
10. *Данилов-Данильян В. И., Лопухин В. М., Рывкин А. А.* Энергетическая проблема и научно-технический прогресс.— Экономика и мат. методы, 1982, т. 18, вып. 1, с. 22—40.
11. *Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Моделирование: системно-методологический аспект.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 182—209.
12. *Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Воспроизводственный аспект экономического развития и некоторые проблемы управления.— Экономика и мат. методы, 1984, т. 20, вып. 2, с. 328—345.
13. *Джонстон Дж.* Эконометрические методы. М.: Статистика, 1981. 444 с.
14. *Мельников Н. В., Зеникс Я. С., Поминов В. Ф.* и др. Топливо-энергетические ресурсы капиталистических и развивающихся стран. М.: Наука, 1978.
15. *Мирский Э. М.* О предмете междисциплинарного исследования.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1980, с. 69—83.
16. *Мырцымов А. Ф.* Черная металлургия капиталистических и развивающихся стран. Киев: Наук. думка, 1978. 520 с.
17. *Садовский В. Н.* Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 29—54.
18. Экономика США в будущем. М.: Прогресс, 1982. 512 с.
19. *Эренберг А.* Анализ и интерпретация статистических данных. М.: Финансы и статистика, 1981. 406 с.

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ — ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «ОБЩЕСТВО—ПРИРОДА»

А. А. АРБАТОВ

Обеспечение экономики минеральным сырьем представляет собой крупную народнохозяйственную задачу, решение которой требует рассмотрения целого ряда проблем, многообразия, междисциплинарность и разнонаправленность которых диктуют организацию системного исследования в рамках специально сформулированной концепции ресурсной системы, характеризующейся сложным составом элементов, набором определенных свойств и отношений, выдвигают вопрос поиска подходящих средств для описания этих объектов.

Некоторые предпосылки для её решения уже имеются. В рамках отраслевых дисциплин формируются приемы комплексной характеристики отдельных природных ресурсов. Например, описания месторождений часто содержат более или менее полные сведения о попутных компонентах, залежах других полезных ископаемых в районе месторождения, роли сырья данного месторождения в экономике страны, вмещающих и вскрышных породах, гидрогеологической характеристике, физико-географических условиях, некоторых природоохранных мероприятиях при освоении месторождения и некоторые другие. В технико-экономических расчетах при планировании размещения производительных сил учитываются отношения технологической совместимости и дополнительности природных ресурсов, но они производятся главным образом в интересах той или иной отрасли.

Как бы в противовес такому отраслевому рассмотрению сейчас во многом под влиянием развивающейся методологии системного анализа и в силу самой системности человеческого мышления, которое проявляется при решении наиболее сложных проблем, происходит становление представлений о системах природных ресурсов. Минеральные ресурсы, являясь неотъемлемой частью других природных ресурсов, в процессе взаимодействия с последними и благодаря человеческой деятельности формируют специфическую часть планетарной системы «общество—природа».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Используемые в настоящее время природные ресурсы представляют собой взаимосвязанные составляющие литосферы, гидросферы и атмосферы, образующие биосферу в понимании В. И. Вернадского [1]. Материально-энергетические процессы этих оболочек биосферы неразрывно связаны с существованием и развитием человечества. В определенном смысле природные ресурсы — понятие историческое, зависящее от научно-технического и экономического потенциала общества. Чем этот потенциал выше, тем шире ассортимент используемых природных ресурсов. Если рассматривать природопользование как исторический процесс, то можно выделить следующие группы природных ресурсов: 1) ресурсы человека как биологического вида; 2) ресурсы для простого воспроизводства; 3) ресурсы для расширенного воспроизводства. В будущем спектр природных ресурсов, возможно, дополнится ресурсами высокоиндустриального общества. Их специфика просматривается в отдельных наиболее развитых в промышленном отношении странах (например, в США, где с особой остротой проявляются противоречия между старыми методами природопользования и новыми потребностями, которые не обеспечиваются даже богатой ресурсной базой).

Ресурсы первой группы, куда входят прежде всего пища, вода и воздух, человек использовал с самого начала своего существования, не прилагая на первых порах усилий для их воспроизводства. Наличие ресурсов данной группы определило ареалы расселения раннего человека. Со временем источники питательных веществ и их ассортимент претерпели изменения, но основные компоненты жизнеобеспечения и ныне те же, что и сотни тысяч лет назад. Группа ресурсов для простого воспроизводства объединяет естественные производительные силы традиционных многовековых форм ведения хозяйства, в котором использовались главным образом вещества, не прошедшие глубокую обработку, — камень, дерево, натуральные волокна и т. д. Наконец, ресурсы для расширенного воспроизводства, на которых базируется современное индустриальное общество, используются не столько для поддержания жизни человеческих существ, сколько для производства товаров и услуг, обеспечивающих более развитые потребности людей и социальных групп. Если с ресурсами предыдущей группы связано выделение людей из царства животных, то ресурсы этой группы, и среди них в первую очередь минеральные, обеспечили человечеству мощь, поставившую его как бы над природой и вне ее. Диалектика общественного развития, однако, заключается и во все

большем включении общества в природу, срастании с природой по мере ослабления зависимости от нее.

Минеральные ресурсы, являясь неотъемлемой частью других природных ресурсов, занимают среди них особое положение, и именно их широкое использование давало все новые импульсы развитию человечества. Можно с уверенностью сказать, что уровень использования минеральных ресурсов определяет уровень промышленного развития стран и регионов. Такое положение минеральных ресурсов предопределило характер их потребления и их место в экономике. Скорости потребления двух первых из выделенных выше групп ресурсов, используемых для удовлетворения нужд людей, возникших уже на доиндустриальных стадиях развития общества, в общем, всегда были близки к скорости роста населения земного шара. Совершенно иная картина наблюдается в сфере потребления минеральных ресурсов, основная доля которых приходится на индустриальный период развития человечества. Если в 1913 г. доля минеральных ресурсов в общем количестве потребляемых природных ресурсов составляла в весовом отношении 11,3%, то в начале 60-х годов она уже достигла 57% [6]. В настоящее время доля минерального сырья в общем балансе используемых природных ресурсов превышает 70% и постоянно увеличивается. Рост промышленного производства во всем мире опирается на использование громадных количеств минерального сырья, извлекаемых из земных недр. Производство полезных ископаемых во второй половине XX в. возрастает экспоненциально, значительно опережая рост населения (с 1900 по 1970 г. производство минерального сырья увеличилось в 12,5 раза, тогда как численность населения менее чем в 2,5 раза). Из всего количества минерального сырья, извлеченного из недр нашей планеты за столетний период (1876—1975 гг.), около 47% добытого угля, почти 58% железной руды и 81% добытой нефти, а также свыше 85% природного газа приходится на последнюю его четверть. При этом ускорение роста производства сырья настолько велико, что даже в течение последнего 25-летия мировая добыча нефти увеличилась в 5,6 раза, а добыча природного газа более чем в 7 раз. Мировое производство стали увеличилось за этот период в 3,3 раза, несмотря на широкое развитие заменителей. Высокими темпами росли добыча и производство многих других металлов, особенно алюминия, меди, никеля, титана [7].

Естественно, что столь быстрый рост производства минерального сырья вызвал истощение целого ряда месторожде-

ний руд высокой концентрации, залегающих в благоприятных горно-геологических условиях. И хотя прирост запасов полезных ископаемых шел до настоящего времени опережающими темпами по сравнению с их разработкой, трудности с некоторыми видами сырья, а также все сокращающийся разрыв между приростом запасов и производством, а в ряде случаев и отрицательный баланс между ними заставляли все чаще задумываться над проблемой долгосрочной обеспеченности минеральным сырьем.

Помимо непрерывно возрастающей потребности в минеральных ресурсах при объективной ограниченности минерально-сырьевой базы, сырьевая проблема осложняется еще целым рядом проблем глобального характера. Из них необходимо особо выделить проблему влияния добычи и использования минеральных ресурсов на окружающую среду, в связи с уже наступившими значительными нарушениями ее качества в ряде крупных регионов планеты. Эти нарушения показали практическую возможность коренного изменения состояния биосферы под влиянием человеческой деятельности, вплоть до создания условий, невозможных для существования человека как биологического вида. Нередко проблема обеспеченности тем или иным видом полезных ископаемых определяется возможностями их освоения экологически приемлемыми методами.

Другой проблемой, осложняющей современную сырьевую ситуацию, является несовпадающее с потреблением размещение месторождений полезных ископаемых по странам. Потребность в минеральном сырье почти всех государств мира не может быть полностью обеспечена за счет собственных национальных ресурсов. Значительный дефицит различных минеральных ресурсов имеют почти все развитые капиталистические страны. В то же время многие развивающиеся страны, обладающие крупными запасами различных видов сырья, сейчас еще не в состоянии самостоятельно их разрабатывать и потреблять в сколько-нибудь значительных количествах. Такое положение придает особое политическое значение проблеме справедливого международного разделения труда, разработки новых форм сотрудничества между странами-экспортерами и странами-импортерами минерального сырья.

Еще одной важной проблемой, влияющей на обеспеченность минеральным сырьем, является нарастающее влияние научно-технического прогресса на минерально-сырьевой сектор хозяйства. В условиях научно-технической революции, охватывающей все отрасли современной экономики,

назревают и проявляются качественные сдвиги хозяйственной структуры общества. Происходит резкое ускорение развития одних отраслей, стагнация других и свертывание третьих. Поэтому учет научно-технического прогресса при оценке обеспеченности теми или иными видами сырья должен включать не только данные о пригодных к разработке и разрабатываемых сейчас ресурсах и традиционной ориентации потребления, но также сведения о новых областях использования минерального сырья, различных изменениях в существующих отраслях хозяйства, появлении новых технологий разведки, добычи, транспортировки и переработки полезных ископаемых.

Еще одной важной проблемой, связанной с минеральными ресурсами, является взаимодействие минерально-сырьевого сектора с экономикой в целом. Эта проблема специфична для каждой страны, но в своей совокупности оказывает сильное влияние на глобальную проблему обеспечения сырьем. Под минерально-сырьевым сектором понимается совокупность отраслей и предприятий, осуществляющих поиски, добычу и переработку минерального сырья. Объем этого сектора и его удельный вес в экономике различных стран далеко не одинаков, что зависит от природных условий, уровня технико-экономического развития, внутренней и внешней политики того или иного государства. В целом ряде развитых социалистических и капиталистических стран рассматриваемый сектор занимает важное, а иногда и доминирующее место в экономике по объему капитальных вложений, концентрации основных производственных фондов, играет заметную роль в балансе занятости. Снижающаяся доля продукции минерально-сырьевого сектора в валовом национальном продукте, отмечаемая сейчас повсеместно, вовсе не говорит о снижении его роли по вышеназванным показателям. Такая тенденция вызвана в первую очередь увеличением доли других секторов, производящих конечную продукцию, в основе которой преобладают минеральные ресурсы. Сейчас из единицы минерального сырья производится в 10 раз больше промышленной продукции, чем из сельскохозяйственного сырья. Снижение доли этого сектора подчеркивает в данном случае повышение эффективности использования сырья.

Еще большую роль минерально-сырьевой сектор стал играть в последние десятилетия в экономике многих развивающихся стран. Хотя объем их производства по многим видам сырья пока уступает производству развитых стран, роль этого сектора в развивающихся странах, как для них,

так и для мира в целом, имеет особое значение, поскольку преобладающая часть производимого развивающимися странами сырья предназначена для экспорта. Таким образом, можно считать, что минерально-сырьевой сектор играет важную роль в экономике государств, представляющих основные группы стран сегодняшнего мира.

Принимая во внимание различные аспекты минеральных ресурсов, можно предложить определение понятия объекта нашего исследования с учетом его сложности, изменчивости и многообразия связей. Минеральные ресурсы — это совокупность специфических форм скопления минерального вещества в земной коре, являющегося источником энергии, различных материалов, химических элементов и соединений, отвечающих требованиям технической возможности и экономической рентабельности добычи, транспортировки и переработки, экологической допустимости разработки и использования, благоприятности социальной, политической и международно-экономической ситуации, возможности изменения объемов и видов за счет научно-технического прогресса и в связи с появлением новых потребностей.

В этом определении и в кратком рассмотрении различных сторон проблемы обеспеченности сырьем заключены две важнейшие особенности минеральных ресурсов: с одной стороны, это природное тело, составная часть биосферы, а с другой — составная часть производительных сил, объект экономических, социальных и международных отношений.

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КАК ЧАСТЬ БИОСФЕРЫ

Как известно, полезные ископаемые являются составной частью земной коры (литосферы), которая образует фундамент биосферы, состоящей из трех основных оболочек — литосферы, гидросферы и атмосферы.

В этих трех оболочках нашей планеты сосредоточены все природные ресурсы. Состояние этих оболочек взаимосвязано, и изменение в какой-либо из них отражается на состоянии других и биосферы в целом. В современную эпоху все большее влияние на естественный ход развития биосферы приобретают изменения под воздействием антропогенного фактора, в том числе и деятельности в области добычи и использования минеральных ресурсов. Первичные воздействия в этой области на стадии добычи связаны с изменением состояния литосферы. Изменения здесь носят как физический, так и химический характер. Первые связаны с нарушением первичного состояния в залегании пластов,

в рельефе, а также с перемещением материала. Это различные горные выработки, отвалы и т. д. Химические изменения состоят в постоянном воздействии на земную кору, направленном на выравнивание содержания химических элементов. Люди начали разрабатывать наиболее богатые месторождения, т. е. с наиболее высокой концентрацией нужных им элементов. Увеличивая масштабы добычи по мере истощения богатых месторождений, они осуществляли переход ко все более бедным и имеют в пределе породы со средним (кларковым) содержанием элементов. Кроме того, в процессе разведки месторождения во много раз ускоряются процессы физического и химического разрушения месторождений. Этот процесс достигает такой скорости и масштабов, что самоочищающая способность природы не в состоянии предотвратить аномально высокую концентрацию различных элементов в почве, растениях и водах в ареале влияния разрабатываемого месторождения. Оба вида изменений взаимосвязаны — при снижении концентрации для получения единицы продукции в разработку вовлекались все большие массы пород, т. е. происходило увеличение физических изменений земной коры. К химическим изменениям добывающей стадии относится также вынос на поверхность многих химических элементов, которые, оставаясь стабильными в недрах, в присутствии кислорода воздуха превращаются в другие соединения (в некоторых случаях этот процесс сопровождается горением).

Итак, на добывающей стадии оказывается химическое и физическое воздействие на литосферу. При этом определенные воздействия испытывают и другие составляющие биосферы. Так, изменение рельефа поверхности литосферы и нарушение сплошности слоев оказывает сильное влияние на понижение уровня грунтовых вод, что вызывает обмеление рек и озер, обеднение растительного, а затем и животного мира, а в случае крупных масштабов этих процессов и изменение климата. Загрязняющее воздействие на гидросферу оказывает также сброс рудничных вод, часто содержащих токсичные вещества, что приводит к гибели фауны водоемов. В других случаях происходит изменение состава воды, смена видового состава или евтрофикация. Таким образом, уже на первой стадии, когда из земной коры только извлекаются преимущественно стабильные минеральные компоненты, все основные составляющие биосферы испытывают определенные воздействия.

Извлеченная минеральная масса состоит из нужных **компонентов (руд)** и пустой породы (пород, перекрывающих и

вещающих руды). И те и другие при извлечении на поверхность занимают определенное пространство и являются источником загрязнения. При этом предусматривается дальнейшая переработка только руд и той части отвалов, которая содержит непромышленные на сегодняшний день, но промышленные в недалеком будущем концентрации полезных компонентов. Пустая порода рассматривается как неизбежный спутник добычи руды, и с увеличением глубины открытых разработок и усложнением горно-геологических условий ее количество будет увеличиваться. Распределение пустой породы, объем которой превышает во много раз объем добываемых полезных ископаемых, представляет большую сложность. Помимо простого ее складирования в отвалах, сейчас распространены различные способы их рекультивации и утилизации пустых пород. Однако их количество увеличивается и они остаются серьезным источником загрязнения.

Породы, поступающие в дальнейшую переработку, состоят из набора минеральных соединений и элементов, которые современная горная наука делит на полезные и вредные. Кроме того, ряд элементов не относится ни к тем, ни к другим, оставаясь как бы нейтральными. Вредными компонентами считаются те, которые отрицательно влияют на технологические свойства извлекаемых из руды полезных компонентов. На стадии обогащения основной целью является повышение концентрации полезных компонентов в руде и стандартизация концентрата для последующего металлургического передела.

На этой стадии уменьшается влияние на литосферу, но значительно расширяется воздействие на гидросферу. Во-первых, процесс обогащения требует большого количества воды. В зависимости от обогащаемого материала в воду попадают различные химические элементы и соединения, в том числе и токсичные. В отсутствие замкнутого цикла водоснабжения вода с содержанием различных примесей попадает опять в гидрографическую сеть. В зависимости от величины потребления и местных природных условий, обеспечивающих самоочищение во многих регионах, наблюдается постепенное накопление различных количеств вредных веществ в реках, озерах и прибрежных частях морей. Кроме того, часть воды расходуется безвозвратно. Большое количество вредных веществ поступает в гидрографическую сеть из хвостов обогащения, разносимых временными потоками. На этой стадии в атмосферу поступает большое количество аэрозолей как от размельчения породы перед обогащением,

так и из хвостов обогащения. Все эти влияния на стадии обогащения совместно создают специфические условия в экосистемах поверхности литосферы вблизи обогатительных предприятий, обуславливают аномальные концентрации различных элементов в почве, воде, растениях и животных; вызывают различные заболевания у людей, изменение характера растительности и животного мира и даже климатические изменения.

На следующей стадии переработки — получении конечного сырья (металлов, нефтепродуктов, химических продуктов и пр.) — наблюдается дальнейшее уменьшение прямого влияния на литосферу. Литосфера используется только для размещения на поверхности и закачки в недра твердых и жидких отходов, объем которых по сравнению с объемом отвалов и хвостов невелик. Первично добытая из недр минеральная масса, пройдя ряд стадий и лишившись большинства своих компонентов, разлагается на этой стадии на химические элементы и простейшие соединения. При этом часть соединений и элементов переходит из твердой в жидкую и газообразную фазу. Как правило, процессы этой стадии требуют большого количества воды, причем часть воды расходуется безвозвратно, а оставшаяся вода бывает насыщена различными соединениями, во много раз превышающими предельно допустимые концентрации, что заставляет потреблять громадные количества воды для разбавления стоков перед их сбросом в гидрографическую сеть. Колоссальных количеств достигают выбросы в атмосферу различных газообразных соединений и аэрозолей. В атмосферу ежегодно выбрасывается несколько сотен миллионов тонн окислов серы, азота, углерода и аэрозолей. Отходы этой стадии частично размещаются на поверхности земли (в основном шлаки), частично сбрасываются в атмосферу и гидросферу. Значительная часть минеральной массы, поступившей на эту стадию, выходит из дальнейшего пользования и становится загрязнителем причем в довольно активной, подвижной форме (жидкой и газообразной).

На этой стадии теряется более половины массы концентратов, поступающих на переработку. В то же время масса концентратов составляет $1/6$ часть от массы извлекаемой горной породы. Таким образом, лишь $1/12$ часть извлекаемой породы используется в качестве металлов и неметаллических минеральных соединений. В дальнейшем эта доля должна уменьшаться при существующем положении вещей, так как в разработку будут вовлекаться месторождения со все более бедными рудами. Таким образом, в настоящее время $11/12$

извлекаемой и перемещаемой горной массы практически не используется и является источником загрязнения литосферы, гидросферы и атмосферы [5].

В связи с этим основной стратегией в уменьшении отрицательного влияния горнодобывающей деятельности на окружающую среду является максимизация использования извлеченного на поверхность минерального вещества. Такая стратегия требует целого комплекса мероприятий на всех циклах освоения минеральных ресурсов. Это повышение качества разведки месторождений для выбора наиболее рационального проекта разработки месторождений по критерию минимизации извлечения пустой породы, внедрении методов первичной переработки руды непосредственно в рудниках, разработки месторождений с закладкой выработанного пространства ранее извлеченной пустой породой и твердеющими смесями, широкого использования вскрышных и пустых пород для различных хозяйственных целей, комплексное использование руды с извлечением попутных компонентов, улавливание и утилизация жидких и газообразных компонентов на всех стадиях переработки, использование шлаков и других твердых отходов и ряд других. О принципиальной возможности реализации каждого из них и об успешном внедрении некоторых из них на ряде предприятий уже немало написано. Главный момент, который необходимо при этом учитывать, — это необходимость создания соответствующих организационных, правовых норм и адекватного экономического механизма. Только при реализации этих требований возможен долгосрочный комплексный и надежно функционирующий подход к минеральным ресурсам как к составной части других природных ресурсов и биосферы в целом. Такой подход имеет своей целью не защиту окружающей среды от последствий добычи и использования минерального сырья, а комплексное, экологически и экономически целесообразное развитие всех компонентов биосферы для создания достойного уровня жизни всему человечеству.

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ЭКОНОМИКЕ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЯХ

Современная мировая минерально-сырьевая база сложилась в результате всей истории развития человеческого общества, начиная с самых ранних, примитивных стадий существования человека. По мере совершенствования и усложнения человеческой культуры и цивилизации росло ко-

личество и экономическое значение используемых минералов. Совершенствование использования различных видов сырья приводило к крупным сдвигам во всей технико-экономической структуре и вызвало потребность в новых сырьевых материалах. В настоящее время весь комплекс отраслей промышленности, связанных с обеспечением минеральными ресурсами, играет все более существенную роль в социально-экономическом развитии отдельных стран и мира в целом.

Система обеспечения минеральным сырьем в различных странах складывалась под влиянием экономических, природных и исторических факторов. Экономическое развитие и мировая торговля требовали различных минералов. Страны с достаточно обильными и легко обнаруживаемыми ресурсами развивали свою минерально-сырьевую базу для удовлетворения собственных потребностей и получения валюты или необходимых товаров за продаваемое сырье. Другие страны, не столь богатые ресурсами, но нуждающиеся в них, ориентировали свою экономику на производство тех товаров, которые можно было бы обменять на необходимое сырье. Одновременно в этих странах развитие экономики приспособлялось к ограниченности ресурсов — быстрыми темпами росло повторное использование сырья, снижался удельный расход сырья и топлива. Многие страны, обладавшие ресурсами, но в силу сложившихся исторических причин отставшие в своем экономическом развитии, были превращены различными путями в сырьевые придатки развитых стран. Таким образом, уже первоначально в разных странах были заложены свои, специфические черты структуры обеспечения минеральным сырьем.

На первых порах при наличии дешевых и богатых месторождений экстенсивный путь освоения собственной минерально-сырьевой базы давал определенные преимущества: обеспечение промышленности дешевым сырьем, экономическое и политическое влияние на зависящие от поставок сырья страны, с одной стороны, и собственная независимость — с другой, большое количество рабочих мест в сырьевом секторе.

Этот этап, как правило, совпадает с достижением страной такого уровня социально-экономического развития, когда возникшая необходимость в минеральном сырье может быть экономически эффективно удовлетворена из собственной минерально-сырьевой базы. Возможность получать большое количество дешевого минерального сырья из недр делает экономически малоэффективными интенсивные формы

обеспечения. Этот период характеризуется быстрым ростом промышленного производства, базирующегося на обильном и дешевом сырье. По мере истощения собственной минерально-сырьевой базы эффективность ее эксплуатации падает. Все более активно включаются интенсивные источники обеспечения — экономия и повторная переработка сырья, страна выходит на мировой рынок сырья как импортер, заинтересованный в эффективных внешних источниках обеспечения.

По роли минерально-сырьевого сектора в экономике можно выделить такие типы хозяйств: 1) сырьевое — ориентированное преимущественно на производство и экспорт сырья; 2) индустриально-автономное, представляющее собой развитую экономику, обеспечивающуюся сырьем главным образом из собственной минерально-сырьевой базы; 3) индустриальное, ориентированное преимущественно на импорт сырья; 4) индустриальное комбинированное, в обеспечении которого существенное значение имеет как импорт, так и собственная минерально-сырьевая база. Сейчас можно говорить о появлении нового типа хозяйства — научно-промышленного, ориентированного прежде всего на создание новых технологий, производство принципиально новой продукции и слабо зависящего от наличия сырья. Черты такого хозяйства наиболее явно просматриваются в экономике Японии. Не последнюю роль в этом играет скудность ее минерально-сырьевой базы и зависимость от поставок извне.

Как уже говорилось выше, минерально-сырьевой сектор играет разную роль в хозяйствах различного типа, причем далеко не всегда очевидную. Естественно, что при подорожании производства сырья внутри страны дальнейшее расширение минерально-сырьевого сектора замедляет темпы роста экономики, снижает его эффективность. Гипертрофированный минерально-сырьевой сектор, слабо связанный с общей структурой национальной экономики, может потребовать значительных ресурсов для своего поддержания и развития и в случае некомпенсированности через международный обмен повлечет диспропорции в экономике и замедление темпов ее роста. В частности, на эти явления указывает высокий рост инфляции (более 12% в год на протяжении 70-х годов) и снижение темпов экономического роста до 2,5% в 1982 г. в Австралии [8].

Особенно остро диспропорция между минерально-сырьевым сектором и национальной экономикой проявляется в некоторых развивающихся странах — экспортерах сырья.

Даже Мексика — экспортер такого эффективного сырьевого товара, как нефть (75% суммарного экспорта страны), находится сейчас в затруднительном экономическом положении. Взаимодействие между минерально-сырьевым сектором и экономикой отдельных стран — производителей сырья вносит свои коррективы в развитие минерально-сырьевой базы планеты, которое подчиняется некоторым регулирующим механизмам, рассмотренным в [2, 4, 8, 9 и др.].

Складывающееся положение показывает, что в перспективе для всех групп стран международно-экономические отношения будут играть существенную роль в обеспечении экономики минеральным сырьем [3]. Это естественный и долгосрочный элемент, поскольку в его основе лежат такие фундаментальные факторы, как неравномерность распределения ресурсов по планете и странам, их истощаемость, различные потребности в сырье промышленно развитых и развивающихся стран, некоторые товарные особенности сырья (в первую очередь независимость качества от способа производства, что нередко делает его единственным конкурентоспособным товаром в экспорте отсталых в промышленном отношении стран). К настоящему времени сложились определенные механизмы международно-экономических отношений в области сырья. К ним относится свободная рыночная торговля, осуществляемая через биржи и оптовые сделки, долгосрочные соглашения между отдельными поставщиками и потребителями, международные объединения экспортеров различных типов, компенсационные и концессионные соглашения.

Названные и им подобные формы международных отношений в области сырья регулируют существующую диспропорцию в производстве и потреблении сырья в основном стихийно. Эффективность такой регуляции часто бывает далека от природных и технических возможностей. В настоящее время, когда международная минерально-сырьевая ситуация усложняется, издержки на производство сырья возрастают и ложатся тяжелым бременем на экономику некоторых стран, возникает настоятельная необходимость совершенствования международного разделения труда в области обеспечения сырьем в целях наиболее эффективного использования минерально-сырьевого потенциала планеты с учетом интересов и ограничений всех участников.

Если рассмотреть минерально-сырьевую базу планеты без учета государственных границ, то можно классифицировать основные виды сырья по издержкам разработки месторождений и наметить довольно абстрактную стратегию

наиболее эффективного в экономическом отношении ее освоения. Естественно, что такая стратегия будет нереальной, поскольку современный мир состоит из различных стран и их групп, имеющих разные интересы в области политики, экономики, непосредственно сырьевого обеспечения. Поэтому для достижения оптимальной для всего мирового сообщества системы международно-экономических отношений в области сырья необходимо существующую сырьевую базу, классифицированную по издержкам добычи, сопоставить с ее распределением по странам. При этом должны быть учтены основные интересы и ограничения различных групп потребителей и поставщиков, выработаны соответствующие компенсационные механизмы и предусмотрены меры безопасности. В частности, следует признать недопустимым распространение опасных технологий и типов оружия в обмен на сырье, оказание политического и военного давления на отдельные государства в целях получения доступа к источникам сырья и некоторые другие ограничения. Возможно, часть мировой добычи следует сконцентрировать в руках международной организации. Эта часть сырья может служить определенного рода буфером, который будет препятствовать сырьевому или политическому шантажу.

Конечно, создание подобной международной программы потребует больших усилий ученых, государственных деятелей и дипломатов. Однако по мере развития и возможного в будущем обострения мировой сырьевой ситуации целесообразность разработки такой программы становится все более очевидной.

[ЛИТЕРАТУРА

1. *Вернадский В. И.* Биосфера. М.: Мысль, 1967.
2. *Арбатов А. А.* Особенности функционирования минерально-сырьевого сектора в различных типах хозяйств.— Экономика и мат. методы, 1983, т. 19, вып. 2, с. 197—205.
3. Будущее мировой экономики. М.: Междунар. отношения, 1979. 242 с.
4. *Гзовский В. М.* Природный фактор в социалистическом воспроизводстве. М.: Наука, 1983. 158 с.
5. *Мосинец В. Н.* Горные работы и окружающая среда. М.: Недра, 1978. 191 с.
6. *Потемкин Л. А.* Охрана недр и окружающей природы. М.: Недра, 1977. 180 с.
7. *Сидоренко А. В., Арбатов А. А., Мирлин Г. А.* Минеральные ресурсы: проблемы обеспеченности.— В кн.: Достижения и перспективы, сер. Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1979, вып. 7, с. 12—27.
8. *Шакай А. Ф.* Роль минерально-сырьевого сектора в экономическом развитии капиталистических государств.— Достижения и перспективы, сер. Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1983, № 11, с. 51—61.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ ГОРОДА: ОСНОВАНИЯ И КОНТУРЫ ТЕОРИИ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ

А. Э. ГУТНОВ

Город представляет собой едва ли не самый характерный феномен цивилизации — хранилище памяти о прошлом, средоточие самых острых проблем современности, источник нововведений, формирующих будущее. Город существует очень давно — он ровесник достоверной истории человеческого общества. Однако структура современного знания о городе несовершенна. Больше всего удивляет необычайная мозаичность, разнородность, несвязанность воедино того, что известно о городе.

Наука о городе получила развитие в связи с потребностью регулировать строительство и потому изначально приобрела конструктивный, инженерно-прикладной характер. Современное градостроительство — это наука скорее о том, как строить город, чем о том, как он устроен. Дело обстоит примерно таким образом, как если бы, например, селекция существовала и развивалась, а ботаники, зоологии, даже агрономии и зоотехники, не говоря уже о генетике и теоретической биологии, не существовало бы в помине.

Ортодоксальная градостроительная теория, которая сформировалась к середине нынешнего столетия и определила содержание ныне действующих нормативных градостроительных документов, исходит из ряда допущений. Наиболее характерное из них — представление о городе как о системе четко дифференцированных в пространстве территорий, различных по типу функционального использования и составляющих соответственно зону приложения труда, зону жилья и зону отдыха. Такие территории — функциональные зоны — связаны между собой с помощью пешеходных и транспортных связей. На профессиональном градостроительном жаргоне этот ставший еще в 30-х годах классическим принцип функционального зонирования обозначается формулой «труд—быт—отдых».

Она хорошо описывает строение небольшого городка или поселка, возникшего при промышленном предприятии: завод—жилая «слобода»—парк. Однако с увеличением физических размеров и усложнением внутреннего строения города принципиальная неполноценность классической триады

становится все более явной. К примеру, как описать с ее помощью строение такого города, как Москва, где одних только мест приложения труда насчитывается свыше десяти тысяч?

По сути дела, вся современная градостроительная теория сформировалась в результате последовательных попыток ликвидировать очевидное несоответствие между действительной сложностью конкретного объекта и элементарной формулой его описания на основе принципа функционального зонирования (а также других, связанных с ним допущений). Однако результат едва ли можно считать успешным. Несметное число поправок, дополнений и других частей, которыми обросла градостроительная теория, не устраняет принципиальных дефектов функционалистской модели, лежащей в ее основе. В то же время эта модель лишилась всякой операционности.

Градостроитель вынужден пользоваться сегодня необычно громоздкой, избыточно детализированной формой описания города. Накоплена и продолжает разрастаться огромная сумма разнородных эмпирических знаний о городе. И хотя это позволяет получить буквально поэлементную инвентаризацию города, до сих пор нет ответов на простые вопросы о том, каково строение города и как он развивается в пространстве и времени.

Таким путем трудно приблизиться к формированию обобщающих представлений о городе, позволяющих моделировать его развитие. А это нужно не только для объективного изучения города и городских процессов, но и для разработки эффективных, реалистичных градостроительных проектов. Стоит ли удивляться, что в результате такой теоретической беспомощности именно на наиболее ответственных ранних стадиях проектирования, которые связаны с принятием принципиальных решений, все еще остается место субъективизму и бездоказательности.

Такое положение сложилось в градостроительной науке. Наряду с этим еще в XIX в. город вошел в орбиту исследовательского интереса других научных дисциплин, среди которых в первую очередь следует назвать социологию и географию. Оригинальные исследования, выполненные на стыке этих наук, формируют совершенно иное, чуждое градостроительному механицизму представление о городе как о сложном, непрерывно развивающемся объекте, природа которого определяется как естественно-искусственная. Эта исследовательская ориентация позволила связать физическое пространство города с его социальными признаками

и вступить на путь количественного описания городской структуры.

Анализ социально-пространственной структуры современного города все более активно дополняется исследованиями проблем городского движения. Не случайно именно транспортные модели оказались наиболее содержательными и единственно операционными в быстро развивающейся области математического моделирования города. Исследования по географии размещения положили начало районной планировке, конструктивные методы которой оказывают ощутимое влияние на градостроительную теорию.

Несмотря на несомненные успехи, изучение города методами «смежных» дисциплин ведется разрозненно и практически вне какой-либо связи с градостроительством. И хотя параллелизм, сходство полученных таким путем различных интерпретаций процессов городского развития указывает на наличие общих объективных закономерностей, последние остаются невыявленными. Мешает отсутствие универсального научного языка, единой теоретико-методологической основы, без которой невозможны взаимное обогащение различных подходов, конструктивный обмен идеями и результатами.

Назревший переход к комплексному междисциплинарному исследованию города затруднен еще и в силу чисто организационных причин. Градостроительная наука «проходит» по строительному ведомству, а в системе академической науки городская тематика находится на периферии таких дисциплин, как география, экономика, социология, история, и не имеет пока самостоятельного «места». В этих условиях всякая попытка формирования универсальной, общей теории городского развития как бы повисает в воздухе. И все же, по моему глубокому убеждению, только таким способом можно сдвинуть дело с мертвой точки.

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ

Прежде всего уточним, что имеется в виду под словом «город». Его общепринятое употребление предполагает отдельное, пространственно обособленное поселение (город — в смысле огородить, обособить). Однако в современных условиях признаки специфически городского образа жизни распространяются не обязательно на автономный компактный город, но часто на расчлененную урбанизированную территорию, которая формируется на основе целой группы насе-

ленных мест (агломерация, конурбанизация, групповая система и т. п.). Составляющие такую группу поселения могут быть связаны воедино в социально-функциональном и экономическом отношении настолько тесно, что их нельзя рассматривать по отдельности, вне контекста этих связей. Таким образом, современное представление об объекте градостроительного исследования и проектирования не укладывается в рамки строгого употребления термина «город». Приходится вводить для обозначения такого объекта понятие «градостроительная система».

Градостроительная система (ГС) — относительно обособленная, функционально связанная область организованной человеком пространственной среды, в пределах которой реализуется комплекс основных видов социальной активности населения. Внутренняя целостность ГС обусловлена устойчивостью социально-функциональных связей, которые осуществляются на ее территории с помощью развитой коммуникационной сети. Размеры и реальные границы ГС определяются величиной предельно допустимых затрат времени на регулярные (повседневные) внутренние сообщения с трудовыми и культурно-потребительскими целями. В рамках суточного цикла жизнедеятельности эта величина, как правило, составляет не более 1 часа на целевую поездку в одном направлении.

Термин «градостроительная система» переносит центр тяжести исследования города на изучение внутренних существенных взаимосвязей объекта, на выявление наиболее общих свойств его структурно-функциональной организации (СФО). Теперь интересующие нас вопросы о строении и развитии города можно сформулировать более точно. Какова структурно-функциональная организация градостроительной системы? Каковы закономерности ее развития в пространстве и во времени?

Чтобы получить ответы на эти вопросы, предлагается принять допущение, близкое по смыслу к принципу наименьшего действия в естествознании. Будем исходить из того, что главное правило городского развития состоит в увеличении числа потенциальных контактов (свободы выбора или обмена) при минимизации связанных с этим затрат. Наиболее доступные для населения территории города осваиваются наиболее интенсивно. Поэтому элементы городской структуры, расположенные в зоне влияния главных узлов транспортной сети, становятся наименее изменяемыми во времени и определяют структурно-функциональную организацию ГС в целом.

Для обозначения относительно устойчивой, структурообразующей части системы, концентрирующей основные процессы жизнедеятельности городского населения, связанные с высокой интенсивностью пространственного освоения, предлагается термин «каркас». Очевидно, что, выявив каркас и управляя его формированием, градостроитель получает возможность эффективно влиять на все остальные компоненты ГС, составляющие ее основной материальный субстрат, или ткань. Такая двойная (каркас—ткань) модель ГС позволяет отказаться от зонирования городской территории по типу протекающих на ней функциональных процессов и перейти к зонированию по интенсивности протекания (и соответственно пространственной концентрации) этих процессов.

В какой же форме, какими методами мы можем охарактеризовать и в отличие от традиционного подхода количественно оценить процессы функционирования и развития градостроительного объекта, представив его в виде системы, состоящей из каркаса и ткани? Вкратце суть ответа сводится к следующему.

Во-первых, выявляя каркас, мы получаем возможность оперировать с теми элементами ГС, которые наиболее существенны для ее последующего развития и в первую очередь должны стать объектами управляющих воздействий градостроителя. Существуют некоторые операционные методы выявления каркаса ГС, основанные на использовании количественных характеристик.

Во-вторых, соотношение каркаса и ткани является фундаментальной характеристикой динамического состояния ГС. Различные фазы городского развития, как на относительно коротких временных интервалах функционирования, так и в масштабе долговременных эволюционных изменений, могут быть охарактеризованы различными значениями этого соотношения.

Эти положения, на наш взгляд, можно принять за основу теории строения, функционирования и развития градостроительных систем или — короче — общей теории городского развития. Следует подчеркнуть, что речь идет лишь об основах построения теории. Тем не менее они позволяют наметить исследовательские задачи, определяющие программу создания общей теории городского развития.

По каждой задаче (точнее, направлению исследований) сформулируем некоторые гипотезы, а также наиболее существенные следствия, которые могут быть из них получены. По необходимости краткое изложение основных теоре-

тических положений сопроводим комментариями, в которых прослеживается их взаимосвязь с известными из опыта явлениями и особенностями городского развития.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ (СФО)

Задача 1. Выявление зависимостей между основными свойствами городской территории: типом функционального использования (F), интенсивностью освоения (D) и доступностью, т. е. положением в системе транспортных связей (T).

Характеристики F , D , T определяются и сопоставляются по приведенным стандартным единицам городской территории — расчетным районам (иногда их называют транспортными районами). Сетка расчетных районов для каждой ГС определяется исходя из конкретных особенностей городского плана, с учетом возможностей сбора и обработки информации.

Гипотезы.

1.1 Не существует прямой зависимости между значениями D , T , с одной стороны, и F — с другой: $D \neq f(F)$;

$T \neq f(F)$.

1.2. Существует выраженная взаимосвязь между D и T :

$D = f(T)$.

Следствия.

1а. Из определения каркаса ГС и гипотез 1.1 и 1.2 следует вывод канонической формулы структурно-функционального потенциала, которая в общей форме имеет вид

$$P = f(D, T). \quad (1)$$

Значение P обобщенно характеризует ранг расчетного района в СФО системы. Расчет значений P является основополагающей процедурой для выявления каркаса.

Возможны различные варианты расчета значений P по формулам вида (1) — начиная с применения традиционных показателей плотности застройки (D) и геометрического расстояния (T) вплоть до комплекса расчетных характеристик, получаемых в результате специальной обработки на ЭВМ большого массива статистической информации. Один из таких вариантов был использован для проверочных расчетов по Москве:

$$P_j = (D_j^B + D_j^R) C_{jT}. \quad (2)$$

В этой формуле D_j^B и D_j^R — показатели «функциональной ценности» расчетного района j по сфере приложения труда и обслуживания. Они измеряются емкостью объектов данного вида, расположенных в пределах района j , в процентном отношении к суммарной емкости всей ГС по соответствующей функциональной подсистеме. $C_{jT}^\#$ — показатель «связанности» района j , характеризующий его положение в транспортно-коммуникационной сети города и измеряемый количеством населения, которое связано с данным районом в пределах T -минутной поездки на городском общественном транспорте (для условий Москвы принято $T = 45$ мин). Этот пример позволяет убедиться, что структурно-функциональный потенциал, как комплексный показатель, интегрирующий характеристики «массы» и «расстояния» (разумеется, в специфически городской трактовке этих понятий D и T), по физическому смыслу вполне отвечает своему названию.

16. Доказательство гипотез 1.1 и 1.2 на материале различных ГС, скорее всего, выявит случаи аномальных отклонений на фоне действия основной зависимости: $D = f(T)$. Объяснение причин этих аномалий позволит определить факторы, влияющие на СФО системы, помимо D и T , а также те условия, при которых это влияние сказывается достаточно заметно. В результате этого могут быть уточнены границы корректного применения канонической формулы P . Возможно, удастся показать, что она является частным случаем более развернутого выражения, упрощение которого правомерно лишь при некоторых условиях.

В то же время в подавляющем большинстве случаев отсутствие прямой корреляции между значениями D , T следует считать временным явлением. Можно ожидать, что в районах, не обнаруживающих такой корреляции, при достаточно высоких значениях D в ближайшем будущем, скорее всего, произойдет выравнивание значений D и T за счет «подтягивания» отстающей характеристики, т. е. районы такого типа с большой долей вероятности можно рассматривать как потенциальный резерв развития ГС (в смысле размещения строительства и совершенствования транспортной инфраструктуры).

Комментарий 1. В современном городе нельзя установить устойчивую зависимость между типом функционального использования территории и характером ее освоения. Причина тому — возрастающая интеграция, взаимное переплетение различных типов функциональной активности на всей территории ГС, большие различия в характере про-

странственного освоения внутри каждой функционально-типологической группы. Тем более неверно утверждать, что положение участка в общей структуре ГС однозначно определяется доминирующим в пределах этого участка типом функционального использования. По-видимому, здесь имеют место более сложные и пока не поддающиеся выявлению зависимости — на наиболее выгодных в смысле транспортной доступности участках могут размещаться объекты самого различного функционального назначения, в самых различных сочетаниях. Однако в любом случае такие участки характеризуются высокой интенсивностью пространственного освоения.

Взаимное соответствие высокой интенсивности освоения и высокой транспортной доступности городских территорий является фундаментальным фактом для объяснения природы внутригородского расселения. По сути дела, в этом проявляется естественная тенденция, реализующая универсальный принцип пространственно-временной концентрации деятельности, т. е. экономии затрат (средств, усилий, времени) на осуществление социально-функциональных связей населения. Высокая интенсивность освоения пространства позволяет осуществлять эту экономию за счет более эффективного использования городской территории, а размещение в зоне наиболее выгодной транспортной доступности — за счет прямого сокращения затрат времени на передвижение. Поэтому можно с полной уверенностью утверждать, что, выделяя районы по критерию интенсивности освоения пространства и высокой доступности, мы выявляем узловые участки ГС, занимающие ведущее положение в структуре городского плана.

Наиболее интенсивно освоенные и выгодно расположенные участки городской территории (т. е. районы, имеющие высокие значения структурно-функционального потенциала P), являются средоточием наиболее активных городских процессов, связанных с массовыми потоками населения и требующих высокой пространственной концентрации в отличие от других функций, для которых такая концентрация не только не нужна, но противопоказана. В этом смысле можно утверждать, что распределение значений P на городской территории характеризует специфическую роль различных ее участков в функционировании всей системы, степень их включенности в общий процесс жизнедеятельности городского населения, т. е. в наиболее общей форме отражает функционирование города в целом.

В то же время интенсивное освоение наиболее выгодно

расположенных участков неизбежно связано с размещением на них особо значимых объектов, а следовательно, с вложениями значительных средств. Нередко это приводит к тому, что такие участки приобретают дополнительную общекультурную, символическую ценность. Так или иначе закрепляется, стабилизируется во времени не только определенное распределение деятельности, но и обусловленные им различия в относительной ценности городских территорий для размещения функциональных объектов. Интенсивно освоенные, выгодно расположенные участки городских территорий становятся наиболее устойчивыми во времени, относительно неизменяемыми элементами градостроительной системы. (Это в значительной степени оправдывает использование для их обозначения термина «каркас»). Поэтому распределение значений D, T обобщенно характеризует изменчивость ГС, является своего рода мерой инерции, которую обнаруживает эта система в своем развитии.

Таким образом, предлагаемая форма описания ГС на основе дифференциации ее элементов по интенсивности пространственного освоения и положению в системе коммуникаций позволяет рассмотреть внутреннее строение, функционирование и развитие ГС в диалектическом единстве.

ЦИКЛЫ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ

Задача 2. Анализ распределения значений структурно-функционального потенциала P на территории ГС.

Гипотезы.

2.1 Значения P распределяются в различных ГС в принципе сходным образом — малая часть территории концентрирует большую часть суммарного потенциала ГС.

Чтобы сформулировать предположение 2.1 более строго, необходимо ввести некоторые обозначения:

S_K — область локализации каркаса ГС, т. е. часть территории (совокупность расчетных районов) с относительно высокими значениями P ;

$S_{ГС}$ — вся территория ГС;

P_K — суммарный структурно-функциональный потенциал каркаса, т. е. сумма значений P по территории S_K ;

$P_{ГС}$ — суммарный структурно-функциональный потенциал ГС, т. е. сумма значений P по территории $S_{ГС}$.

Для количественной оценки распределения P на территории ГС могут быть эффективно использованы два взаимодополняющих показателя: относительная мощность каркаса $N = P_K/P_{ГС}$ и относительная плотность каркаса $V = V_K/V_{ГС}$,

где \dot{V}_K (плотность потенциала каркаса) = P_K/\dot{S}_K ; $\dot{V}_{ГС}$ (плотность потенциала ГС) = $P_{ГС}/S_{ГС}$.

Нетрудно убедиться, что N и V отражают различные аспекты фундаментального для каждой ГС соотношения каркаса и ткани и тем самым характеризуют важнейшие свойства СФО системы. С учетом вышесказанного гипотеза 2.1 приобретает более лаконичную и точную формулировку: для любой ГС значения N и V всегда достаточно высоки и колеблются в определенном диапазоне.

2.2. На близких временных интервалах развития любой ГС изменения в пространственном распределении значений P тесно связаны с темпами ее территориального роста. В периоды активного увеличения размеров ГС распределение меняется незначительно, и, напротив, существенные изменения в распределении P по территории ГС наблюдаются на фоне стабилизации территориального роста.

Содержательный смысл данного утверждения сводится к тому, что в развитии ГС чередуются периоды роста, когда увеличение размеров системы опережает наращивание потенциала каркаса ГС $\Delta S_{ГС}/S_{ГС} > \Delta P_K/P_K$ и периоды структурной реорганизации, когда наблюдается обратная картина — $\Delta S_{ГС}/S_{ГС} < \Delta P_K/P_K$.

Смену фаз роста и структурной реорганизации в развитии системы следует рассматривать как форму поддержания устойчивого соответствия между размерами ГС и уровнем ее СФО, а повторяющийся колебательный цикл «рост—структурная реорганизация» — как основной стереотип пространственно-временного развития ГС.

2.3. Структурная реорганизация ГС чаще всего происходит в форме пространственного рассредоточения каркаса, т. е. область локализации каркаса существенно расширяется. В процессе активного территориального роста ГС потенциал каркаса P_K поддерживается в пределах сложившейся области локализации каркаса.

Это предположение означает, что N и V связаны обратной зависимостью: когда N растет (структурная реорганизация ГС), V уменьшается и, наоборот, когда N снижается (активный рост ГС), V возрастает. Подобная ситуация выглядит таким образом, как если бы каркас «накапливал» потенциал в фазе роста ГС и активно распространял свое влияние вовне в фазе структурной реорганизации.

Следствия.

2а. Анализ пространственного распределения P (гипотеза 2.1) дает возможность с использованием формальных методов выявить районы с относительно более высокими зна-

чениями P , составляющие область локализации каркаса $S_{\text{к}}$. При этом в каждом отдельном случае (как это было, например, в проверочных расчетах по Москве) надо задаться минимальным пороговым значением P для «каркасных» районов. Делается это эмпирическим путем, исходя из особенностей конкретного распределения значений P . Чтобы уяснить содержательный смысл этих пороговых значений и на этой основе установить их диапазон для соответствующих классов ГС, необходимо сопоставить расчетные характеристики с данными традиционного графоаналитического исследования для представительного множества ГС.

2б. Простейшие количественные соотношения гипотезы 2.2 позволяют на основе данных о фактическом состоянии и краткосрочном планировании ГС объективно устанавливать фазу ее динамического развития, а также прогнозировать момент смены фаз колебательного цикла с соответствующими выводами в отношении выработки эффективной градостроительной политики.

2в. Гипотезы 2.2 и 2.3 дают основания считать, что условием закономерной смены фаз роста и структурной реорганизации является наличие относительно устойчивой зависимости между размерами ГС и уровнем ее СФО, которая может быть выражена соотношением вида $NV = E (\text{const})$. Целесообразно принять, что для каждой ГС постоянная E сохраняет свое значение на близких временных интервалах, во всяком случае при отсутствии радикальных изменений транспортной инфраструктуры и плотностей территориального освоения (об этом см. гипотезу 3.2).

Из этого условия поддержания уровня СФО системы могут быть получены универсальные уравнения роста ГС. Решение уравнений роста позволило бы рассчитывать максимально возможное увеличение размеров ГС при заданном объеме строительства объектов каркаса или, наоборот, минимально потребные объемы такого строительства при заданных параметрах территориального роста ГС.

На основе уравнений роста можно моделировать различные аспекты городского развития: расчетным путем определять пороговые значения N и V , при которых происходит смена фаз колебательного цикла, имитировать пространственное рассредоточение каркаса, исследовать динамику городского роста в связи с изменением его административных границ и т. д.

Можно предположить, что упрощенная схема территориального развития, основанная на уравнениях роста, будет со временем дополнена представлением о неоднородном

«поле городского развития», учитывающем наличие резервов, ограничений, предпочтений и других «внешних» факторов, влияющих на принятие решений о размещении строительства. Постепенное усложнение уравнений роста, направленное на комплексный учет социальных, экономических, экологических факторов, открывает путь для формирования развернутой модели городского развития, адекватно отображающей градостроительную практику и потому представляющей надежный инструмент прогноза.

Комментарий 2.

Каркас отражает существенные свойства СФО ГС в целом постольку, поскольку его становление и развитие неразрывно связаны с формированием и эволюцией городской ткани. Конечно, каждый из компонентов города — ткань так же, как и каркас, — выполняет свою, весьма ответственную и специфическую роль в функционировании ГС. Поддержание определенных характеристик ткани является необходимым условием полноценной городской жизни. Однако именно каркас является главным рабочим органом, своего рода «двигателем», который обеспечивает эффективную и бесперебойную работу «городской машины». Параметры каркаса определяют тот потенциал обмена (выбора), так сказать, «коммуникативной мощности», который город в состоянии предложить своему жителю как главное определяющее качество городского образа жизни. Поэтому естественно, что мощность каркаса определяет допустимый размер всей системы и всякое увеличение размеров системы должно окупаться соответствующим развитием каркаса. В действительности, как правило, происходит некоторое запаздывание развития каркаса по отношению к увеличению размеров системы, а выравнивание темпов развития ГС в целом и ее каркаса осуществляется скачкообразно. Однако объективно определяемая условиями полноценного функционирования системы величина возможного «запаздывания» или «рассогласования» каркаса и ткани жестко лимитирует предельно допустимую «порцию» территориального роста на каждом конкретном этапе городского развития.

Воспроизводство стереотипных элементов ткани в процессе территориально-пространственного роста может продолжаться лишь до тех пор, пока сосредоточенный в каркасе структурно-функциональный потенциал обеспечивает эффективное функционирование всей системы. По мере того как определяемые этим потенциалом резервы увеличения физических размеров ГС исчерпываются, все более заметно сказываются нарушения во взаимодействии различных функ-

циональных подсистем. Темп роста замедляется, начинается процесс структурной реорганизации. В ходе этого процесса происходит активное формирование новых элементов каркаса, устраняются диспропорции, обусловленные предшествующим развитием ГС, общий уровень ее СФО значительно повышается. Тем самым создается возможность для дальнейшего увеличения размеров ГС — начинается новый цикл ее развития.

Таким образом, развитие города можно уподобить циклическому процессу, где фаза количественного роста с определенной периодичностью сменяется фазой качественной перестройки — структурной реорганизацией системы. Такая логическая модель достаточно хорошо согласуется с имеющимися эмпирическими данными и теориями городского роста¹. Она требует нового отношения к возможностям и выбору оптимальной стратегии управления развитием города. Очевидно, что эта стратегия должна строиться не на случайном «наложении» управляющих воздействий на колебательный процесс городского развития, а на сознательном учете циклов, обусловленных его объективными закономерностями. Чтобы перейти от общих соображений к более конкретным рекомендациям, необходимо подробнее рассмотреть, что происходит с ГС в различных фазах ее циклического развития, а также понять, как это может быть интерпретировано в терминах изменения компонентов нашей теоретической модели — каркаса и ткани.

На стадии роста происходит активное воспроизводство элементов ткани. Такая форма городского развития реализуется в силу того, что при некоторой избыточности потенциала каркаса она связана с наименьшими затратами, т. е. является наиболее эффективной формой расходования ресурсов системы. Постепенно растущая диспропорция между размерами системы и потенциалом ее каркаса до некоторого момента компенсируется наращиванием мощности каркаса в пределах уже занятой им территории за счет внутренних резервов его интенсификации. С определенной долей условности этот процесс можно назвать централизацией каркаса. Централизация позволяет использовать естественную инерцию развития системы и с минимальными затратами поддер-

¹ Экономический аспект колебательных циклов развития города получил отражение в известной теории порогов Б. Малиша, колебательный, волнообразный характер процессов городского развития убедительно выявляется в исследованиях плотности внутригородского расселения (Г. Блюменфельд, Р. Бюсер, Т. Хагерstrand и др.).

живать «разность потенциалов» между «полюсами» СФО — каркасом и тканью — на уровне, обеспечивающем устойчивую ориентацию всех видов социальной активности и тот особый, насыщенный ритм деятельности, который ассоциируется с городским образом жизни.

Однако это возможно лишь до известного предела. По мере увеличения физических размеров города функциональная и транспортная перегрузка его главных центров создает ощутимые неудобства в реализации насущных потребностей населения. Их наращивание перестает быть эффективным. Темпы роста замедляются. Дальнейшее развитие системы требует ее внутренней перестройки. Теперь наиболее эффективными с точки зрения задач полноценного функционирования системы становятся затраты на трансформацию каркаса. Режим расходования ресурсов развития системы радикально меняется.

Естественная тенденция приближения мест концентрации городской активности к районам проживания населения обуславливает пространственное рассредоточение каркаса. Оно сопряжено с усложнением внутренней структуры каркаса, которое проявляется в усилении полицентризма, создании новых центров, в том числе обособленных от главного центра системы. Пространственное рассредоточение каркаса является простейшей и наиболее конструктивной формой ликвидации диспропорций между размерами ГС и мощностью ее главного «двигателя» — структурного каркаса. В ходе пространственного рассредоточения каркаса закладываются функциональные и пространственные резервы, необходимые для дальнейшего развития системы, совершенствования ее СФО.⁹

Заметим, что до сих пор в наших рассуждениях присутствовало одно весьма удобное упрощение: мы рассматривали городское развитие лишь на коротких интервалах времени, как бы закрывая глаза на то, что они являются составной частью длительной эволюции, насчитывающей часто не одно столетие. Рассмотрев динамику изменения ГС в рамках одного колебательного цикла, мы поневоле вынуждены задаться новым вопросом: как меняется эта динамика в масштабах большого эволюционного времени?

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Задача 3. Анализ изменения структурно-функциональной организации ГС на длительных временных интервалах развития.

Решение исследовательских задач этого направления упирается в разработку специальной методики оценки СФО по данным исторических планов и источников, сравнимой с данными пространственного распределения значений P по существующему положению. Отсутствие в настоящее время представительного массива пригодной для обработки информации заставляет ограничиться в этой области гипотезами обобщенного качественного описания.

Гипотезы.

3.1. В развитии любой ГС прослеживаются эволюционные эпохи — длительные временные периоды, на протяжении которых в целом сохраняются и воспроизводятся характерные черты СФО системы. Каждая такая эпоха включает серию относительно коротких колебательных циклов «рост — структурная реорганизация» (см. 2.2). Продолжительность каждой эпохи и характер присущей ей СФО определяются возможностями освоения пространства, обусловленными соответствующим уровнем развития общества (плотность застройки, тип городских коммуникаций). Новая эпоха начинается тогда, когда традиционные резервы пространственного освоения исчерпывают себя до конца.

Эволюция крупного исторического города насчитывает по меньшей мере две эпохи, связанные соответственно с первичной системой пешеходных связей и последующим развитием механического городского транспорта. Эволюция некоторых новых городов полностью укладывается в одну эволюционную эпоху.

3.2. Начальная фаза эволюционной эпохи определяет общий характер изменения СФО системы при последовательной смене колебательных циклов в пределах этой эпохи, т. е. тип эволюционной динамики ГС.

Можно выделить два типа эволюционной динамики ГС, которые обуславливают различный характер изменения диапазона значений N и (соответственно V) на длительных интервалах времени:

а) снижение относительно высокого начального потенциала каркаса в ходе активной внешней экспансии ГС с последующим постепенным ростом значений N , замедляющимся к концу эпохи;

б) неуклонное повышение значений N на протяжении всей эволюционной эпохи с замедлением к ее концу.

Первый тип динамики характерен для естественно развивающихся, изначально моноцентрических систем, второй тип — для ГС, формирующихся на основе групповой интеграции нескольких образований, существовавших до этого

автономно (по типу взаимосвязанной системы населенных мест).

Комментарий 3. Итак, что можно сказать о пульсации градостроительной системы в масштабах исторического времени. Не будем рассуждать о начале и конце этого процесса — это связано с особыми сложностями. Попытаемся представить пока его общую тенденцию. Едва ли есть основания полагать, что он протекает совершенно равномерно — ведь даже на протяжении нескольких десятилетий физические размеры системы могут измениться весьма значительно. В пользу допущения о неравномерности эволюционного развития ГС говорит также и то, что ее физические размеры отнюдь не беспредельны.

Возникает еще один интересный вопрос: остается ли при этом неизменным то значение относительной мощности каркаса, около которого совершаются периодические колебания? И опять-таки трудно ответить на этот вопрос положительно. Едва ли можно допустить, что наиболее эффективное для функционирования системы соотношение каркаса и ткани, зафиксированное определенным значением относительной мощности каркаса, остается совершенно неизменным на протяжении длительного эволюционного процесса, в ходе которого могут на порядок измениться ее размеры.

Чем больше относительная мощность каркаса, тем более выражена его доминирующая роль в развитии ГС, тем более упорядоченной, высокоорганизованной она является в структурном и функциональном отношении. До некоторой степени такая система напоминает организм: ей свойственна устойчивость динамического поведения на основе отрицательных обратных связей. Чем ниже относительная мощность каркаса, тем меньше выражена структурная целостность ГС, тем в большей степени ее динамическое поведение определяется положительными обратными связями.

Несмотря на то что оба типа динамического поведения ГС — количественный рост и качественная перестройка — представляют две диалектические взаимосвязанные стороны единого процесса развития и в этом смысле в равной степени важны для ее жизнеспособности, естественно предположить, что общий ход градостроительной эволюции совершается в направлении от доминирования более низких к преобладанию более высоких форм структурной организации. Это означает, что для эволюции ГС характерна общая тенденция повышения значений относительной мощности каркаса, на фоне которого происходят их периодические колебания в соответствии с принципом циклического развития (некоторое

уменьшение в фазе роста и увеличение в фазе структурной реорганизации).

Следует, однако, подчеркнуть: поскольку долголетняя эволюция города осложнена большим количеством привходящих обстоятельств, описанные выше теоретические модели этого процесса нуждаются в некоторых поправках. Так, значительное воздействие на естественный ход эволюции города оказывает технический прогресс в сфере городского строительства и транспорта. Увеличение скорости внутригородских передвижений, повышение средней плотности освоения городских территорий существенно меняют параметры городского развития и порождают новые требования к его СФО.

Если рассмотреть с этих позиций то, что нам известно об эволюции городов, то можно констатировать, что по крайней мере те из них, которые ведут происхождение со средних веков, насчитывают в своем развитии две различные эволюционные эпохи. Первая (допромышленная) характеризуется отсутствием механического транспорта и многоэтажного строительства. Другая (промышленная) начинается с возникновением железной дороги (а затем и других современных транспортных средств) и развитием строительной индустрии. Каждая из этих эволюционных эпох характеризуется определенным порядком базовых величин скорости сообщений и интенсивности пространственного освоения, определяющих качественный уровень СФО и соответственно предельно достижимые значения структурно-функционального потенциала. Причем современное развитие города, по-видимому, вполне укладывается в рамки второй (промышленной) эволюционной эпохи, так как порядок базовых величин практически мало изменился с конца прошлого столетия. Даже значительное повышение технической скорости средств городского общественного транспорта очень мало сказывается сегодня на средней скорости передвижения населения из-за потерь времени на подходах к остановкам, а повышение скоростных возможностей автомобиля из-за ограниченной пропускной способности улично-дорожной сети. Подобно этому, эффект интенсификации освоения городских территорий за счет высотного многоуровневого строительства и использования подземного пространства сводится к минимуму из-за заметного увеличения площади экстенсивно освоенных земель в черте расширяющих свои границы городских агломераций.

Следующая эволюционная эпоха городского развития, по-видимому, должна быть связана с внедрением качественно иных, более совершенных форм социальных коммуникаций

или с радикальным изменением интенсивности пространственного освоения. Не случайно все известные футурологические проекты стремятся выйти из рамок современного представления о городе именно на основе предположений такого рода.

Итак, ритмическая пульсация городского развития укладывается по меньшей мере в две эволюционные эпохи, каждая из которых ограничивает эту пульсацию своими, предельными для нее параметрами, определяющими исторические обусловленные качественные отличия в уровне СФО. Такое видение городской эволюции ставит целый ряд проблем. Как обеспечивается непрерывность эволюционного процесса, т. е. как происходит наследование признаков СФО в рамках смены различных эволюционных эпох? В частности, как осуществляется трансляция наиболее устойчивых признаков, обусловленных особенностями возникновения и начального становления города? В чем проявляется в этом случае качественное обновление ГС в ходе смены эволюционных эпох?

Специфический механизм этой «градостроительной наследственности» подробно рассмотрен автором на примере московской градостроительной системы. По мере того как коммуникации, основанные на использовании механического транспорта, предопределяют второе рождение города, вступающего в новую эволюционную эпоху своего развития, каркас ГС расширяет сферу своего влияния за счет подключения к этим коммуникациям, охватывающим преимущественно вновь осваиваемые территории. Происходит сложное наложение (апплицирование) ранее сложившихся и новых связей, в процессе которого элементы каркаса дифференцируются по характеру выполняемых функций. Одни элементы, восходящие еще к начальному историческому плану города, специализируются на распределении функциональной активности во внутренней области системы, сформировавшейся в предшествующую эволюционную эпоху. Другие, по преимуществу связанные с новой коммуникационной сетью, распространяют свое влияние на внешнюю область пространственной экспансии системы. Особую роль приобретают узлы взаимодействия обеих подсистем, которые обеспечивают согласованную работу сетей коммуникаций и центров различных рангов в рамках единого современного каркаса,— они становятся опорными пунктами дальнейшего развития системы.

Такая дифференциация элементов каркаса углубляется в рамках каждого колебательного цикла развития ГС, оставляя в ее планировке следы, подобные годичным кольцам на срезе дерева. Поэтому всякая эволюционно зрелая высоко-

организованная ГС имеет дифференцированный, совмещенный каркас, который в «свернутой» форме несет информацию о предшествующем развитии системы, т. е. воплощает в себе ее важнейшие историко-генетические особенности. Это сложно закодированная информация содержит ключ к пониманию природы индивидуального своеобразия конкретного объекта, является отправным моментом в поисках органичного и уникального композиционно-художественного решения.

О НЕПОЛНОТЕ ТЕОРИИ И НОВОМ ВЗГЛЯДЕ НА ГОРОД

Нет сомнения в том, что на пути построения теории городского развития предстоит сделать еще очень много. Необходима ее всесторонняя практическая проверка, которая сопряжена со сбором и обработкой значительных объемов информации, причем обязательно сразу по нескольким сопоставимым ГС. Предстоит продвинуться в направлении формализации теоретических построений и придать им более строгий вид развернутой математической модели. При этом обязательным условием является опять-таки проверка адекватности модели (хотя бы выборочная) на практических эффектах. Незавершенность предложенной теории затрагивает не только форму, но и логические основания теории, т. е. самую суть исходного представления о городе. Обращает на себя внимание, что ключевым понятием теории городского развития выступает каркас — зона наивысшей интенсивности пространственного освоения. Формула структурно-функционального потенциала количественно выражает степень наличия признаков каркаса в любой точке (районе) ГС. Исследование и количественное измерение элементов каркаса является главной задачей прикладного характера, возникающей в связи с необходимостью практической проверки теории городского развития в том виде, как она была здесь изложена.

За всем этим стоит представление о городе как о «машине коммуникаций», где возможности обмена или выбора реализуются в соответствии с единственным и весьма элементарным правилом: чем ближе, тем лучше. Принцип экономии затрат реализуется в идее пространственной концентрации, в представлении об узлах, центрах, главных трассах движения и т. п. Такое упрощение обусловлено традиционно-урбанистическим пониманием города. Однако сегодня приходится ставить под сомнение чисто урбанистические идеалы, все больше обращают на себя внимание такие проявления городской цивилизации, как техницизм, загрязнение среды, шум, транспортная опасность, отрыв от природы.

В преддверии XXI в. все более настойчиво пробивает себе дорогу экологический подход, который опирается на поиски всестороннего соответствия города, природы и человека. В этом набирающем силу движении, которое охватывает не только градостроительство, но и многие другие области деятельности современного человека, можно усмотреть возврат к идеям дезурбанизма, города-сада, совмещающего преимущества сельского и городского образа жизни. Перестройка профессионального мышления градостроителя обещает стать подлинной революцией идей — вопросы, которые раньше были второстепенными (природоохранные мероприятия, реконструкция, шумозащита, экономия энергии и др.), выдвигаются на первый план. Некогда заброшенные территории, «пустоты» городского плана переосмысливаются как «экологические парки» и претендуют на роль важнейших элементов городской структуры. Перечень подобных новаций можно продолжить.

Общечеловеческий, общекультурный пафос этой тенденции, истоки, питающие ее в нашу техническую эру, вполне понятны. Эта тема заслуживает особого разговора, и здесь нет возможности обсуждать ни ее общеполитические, ни специальные архитектурно-технические аспекты. Собственно говоря, дело не в том, какие именно конкретные пространственные формы примет «экогород», но в том, что они в принципе не сводимы к факторам пространственной концентрации и размещения (транспортной доступности). Само их возникновение, условия их формирования определяются специфическим экологическим (в самом широком смысле этого слова) качеством среды.

Современное градостроительство не имеет универсального апробированного метода комплексной экологической оценки. Оно умеет оценивать лишь отдельные факторы — загрязнение атмосферы, уровень шума и пр., но не в состоянии сопоставить их друг с другом или с факторами иного порядка. С отсутствием обобщенной комплексной экологической оценки города связана однобокость, принципиальная неполнота изложенного варианта теории городского развития. Тем самым определяется главное направление дальнейшего совершенствования теории.

Любопытно, что это направление, по сути дела, предопределено исходными положениями теории, во всяком случае «место» для включения его результатов уже «заготовлено». Действительно, для количественного описания строения ГС использована лишь одна из двух принципиальных возможностей, обусловленных двоичной моделью «каркас—ткань».

Система описывается в терминах каркаса. Но ведь существует пока не реализованный, но равноценный в логическом отношении путь описания ГС через специфические «тканевые» свойства. В формальном плане это может выглядеть как введение специального выражения — назовем его условно экологическим потенциалом, — дополняющего уже известную формулу структурно-функционального потенциала. Комплексный учет обоих потенциалов в рамках методологически единой оценочной процедуры позволит ответить на требования полноты теории и придать ей необходимую законченность, во всяком случае в рамках заложенных в ней логических и формальных возможностей.

Особенность предложенного подхода к формированию градостроительной теории в отличие от распространенного в современной градостроительной науке заключается в том, что он строится на отказе от буквального воспроизведения тех методологических приемов и процедур, которые годами выработывались в практике градостроительного проектирования. Предлагается перейти от последовательного перебора большого числа равноприоритетных факторов, учет которых требует оперирования с непомерно громоздким объемом разнородной информации, к более обобщенной, но зато и гораздо более оперативной оценке ограниченного количества факторов, имеющих определяющее значение для функционирования и развития всей системы. По мере накопления опыта моделирования города растет убежденность в том, что простая автоматизация, т. е. не затрагивающее существа дела техническое усовершенствование деятельности проектировщика-градостроителя (а по сути дела, копирование этой деятельности), не может привести к успеху. Чтобы добиться решающего сдвига в прогнозировании городского развития, по-видимому, необходимо найти новый путь, обусловленный специфическими возможностями и ограничениями современных методов научного познания, которые не имеют аналогов в традиции градостроительного проектирования.

Итак, надо искать путь, ведущий к развитию комплексно-междисциплинарного исследования города. Для решения этой сложной задачи уже недостаточно разрозненных усилий градостроительной науки и смежных научных дисциплин. Необходима планомерно организованная и хорошо скоординированная работа больших исследовательских коллективов. Думается, работа эта важна для нашего общества и народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Березин М. П.* Город и индустрия знаний.— Стр-во и архитектура Ленинграда, 1973, № 6, с. 32—33.
2. *Берталанфи Л. фон.* Общая теория систем — обзор проблем и результатов.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1969.
3. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системный подход в современной науке.— В кн.: Проблемы методологии системного исследования. М.: Мысль, 1970, с. 7—48.
4. *Глазычев В. Л.* Социально-экономическая интерпретация городской среды. М.: Наука, 1974, с. 39.
5. *Гутнов А. Э.* Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
6. *Коган Л. Б.* Городская структура и пространство: Проблема центральности.— В кн.: Развитие городской культуры и формирование пространственной среды. М.: Стройиздат, 1976, с. 7—8.
7. *Кудрявцев О. К., Лавров В. А.* Реконструкция как непрерывный процесс.— В кн.: Градостроительство. М.: Стройиздат, 1976, с. 80.
8. *Лаппо Г. М.* География городов с основами градостроительства. М.: Наука, 1969, с. 17—18.
9. *Малиш Б.* Полосно-узловая модель сети расселения в Польше.— В кн.: Урбанизация и расселение. М.: Стройиздат, 1975, с. 71—72.
10. *Перцик Е. Н.* Районная планировка. М., 1973. 202 с.
11. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: Логико-методол. анализ. М.: Наука, 1974. 279 с.
12. *Попков Ю. С., Шмутьян Б. Л.* Методы моделирования и анализ функционально-пространственных моделей городских систем.— В кн.: Достижения и перспективы. Вып. 18. Города и системы расселения. М., 1979, № 3 с. 62.
13. *Рапопорт А.* Математические аспекты абстрактного анализа систем.— В кн.: Исследования по общей теории систем. М.: Наука, 1969.
14. *Хаггет П.* География: Синтез соврем. знаний. М.: Наука, 1979, с. 152—156.

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ В ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

А. Г. ВИШНЕВСКИЙ

Исследование процессов и механизмов самоорганизации — важная задача науки, ориентированной на познание глубинных закономерностей функционирования и развития сложных социальных объектов. Как отмечал В. И. Ленин, при научном подходе «главное внимание устремляется именно на познание *источника самодвижения*» в противоположность подходу, при котором «остается в тени *сам* движение, его *двигательная* сила, его источник, его мотив (или сей источник переносится *вовне* — бог, субъект, etc.)» [3, с. 317]. «Познание всех процессов мира в их *самодвижении*», в их спонтанейном развитии» [3, с. 317], конечно, включает в себя и познание закономерностей их самоорганизации.

В последние десятилетия, в значительной мере благодаря развитию системных исследований, разработке в рамках этих исследований соответствующего методологического аппарата и языка, важность анализа самоорганизации все шире осознается представителями самых разных научных дисциплин, имеющих дело со сложноорганизованными системными объектами. К сожалению, в демографию понимание важности процессов самоорганизации пришло довольно поздно. Здесь до недавнего времени преобладали скорее несистемные, традиционные подходы к анализу изучаемых явлений. Их обусловленность, детерминированность связывалась не с самодвижением демографической сферы, а с действием только внешних по отношению к ней факторов: экономических, экологических и т. п.

Нам кажется, что подобная логика не учитывает в достаточной степени сложности демографических процессов. Опираясь на получившие широкое признание исследования в области системной методологии, мы можем и должны по-новому взглянуть и на демографическую действительность, выделить демографическую подсистему общества как целостный объект, обладающий относительно устойчивой «внутренней средой» и использовать принципы подхода к изучению такого объекта, вытекающие из его системного видения. Этот подход позволяет, в частности, по-новому осмыслить характер причинно-следственных зависимостей в демографической сфере и увязать трактовку причинной обусловленности демо-

графических процессов с представлением о демографической системе как целеустремленной и самоорганизующейся.

Что мы имеем в виду, говоря о системной организованности демографических процессов? Эти процессы, в которых реализуется одна из важнейших функций общества — возобновление человеческих поколений, порождают множество сложных и устойчивых связей и отношений между людьми, соответствующих институциональных и организационных форм, относительно автономных по отношению к выполнению всех других общественных функций. Люди, участвуя в воспроизводстве населения, вступают в сферу действия функционально специализированных социальных связей и отношений и вместе с ними образуют особую общественную подсистему — демографическую систему. Эта система обладает способностью к самоорганизации, т. е. к сохранению элементов в внутренней структуры и способов их упорядочения в условиях относительной устойчивости внешней среды и к их приспособительному изменению, если среда существенно меняется. Термин «самоорганизация» указывает на объективный характер протекающих в демографической системе процессов, а также на то, что речь идет не о простых реакциях на внешние воздействия, а о нейтрализации или упреждении этих воздействий с помощью механизмов обратной связи *внутри* системы.

ИЕРАРХИЯ ЦЕЛЕЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Представления о самоорганизации демографической системы неотделимы от представлений о ее целеустремленности. Самоорганизуясь, система достигает или стремится достичь некоторого состояния или способа функционирования, которые могут быть интерпретированы как «цель» системы. Какова же эта цель применительно к демографической системе?

Нам уже приходилось касаться этого вопроса, но сейчас мы считаем неудовлетворительным то понимание цели демографической системы, которое содержалось в наших прежних работах, где она определялась как «самосохранение», «выживание» [10, с. 88] или как «демографическое равновесие» [4, с. 244]. По-видимому, правильнее ставить вопрос не об одной цели системы, а о довольно сложной иерархии целей. Попытаемся выявить эту иерархию, заимствуя некоторые представления из теории управления биологическими системами [6, с. 30—37].

Выживание, самосохранение, на которое мы указывали ранее, конечно, остаются важнейшей целью демографической

системы. Для того чтобы система (популяция животных или людей) «выживала», необходимо и достаточно, чтобы соотношение потоков рождений и смертей подчинялось определенным требованиям, которые можно выразить в форме открытого неравенства

$$\bar{R}_0 = \delta \int_0^{\infty} f(x) l(x) dx \geq 1. \quad (1)$$

Это выражение относится к женской части населения (δ — доля особей женского пола среди родившихся) и может быть интерпретировано применительно к реальным поколениям. В этом случае R_0 — нетто коэффициент воспроизводства реального поколения, $f(x)$ и $l(x)$ — соответственно функции рождаемости и дожития. Никаких дополнительных требований к этим функциям не предъявляется.

Черта над символами R_0 означает, что условие (1) должно выполняться в среднем за достаточно длинный отрезок времени, внутри которого могут быть периоды, когда $R_0 < 1$, и периоды, когда $R_0 > 1$. Популяция всегда состоит из нескольких сосуществующих поколений и поэтому не гибнет, если некоторые из них не воспроизводятся. Однако если популяция довольствуется выживанием «любой ценой», как это имеет место у популяций животных на более ранних этапах эволюции, и на ее воспроизводство не накладываются никакие дополнительные ограничения, то процесс размножения популяции оказывается крайне малоэффективным из-за его сильной зависимости от внешних помех.

Демографическая система слишком сложна и организована, чтобы мириться со столь низкой эффективностью своего собственного функционирования. Ведь уже в ходе эволюции популяций животных вырабатываются дополнительные требования к их воспроизводству, а именно требования относительной устойчивости функций $f(x)$ и $l(x)$, что равносильно относительной независимости от внешних помех. Известно, что организмы «с короткой продолжительностью жизни и с высокой репродуктивной способностью более чувствительны к кратковременным флюктуациям среды; численность их популяций нередко увеличивается или уменьшается в сотни и даже тысячи раз за несколько дней или недель». В то же время «популяции крупных растений и животных с большой продолжительностью жизни и медленным размножением сравнительно нечувствительны к изменяющимся условиям среды вследствие заложенных в них способностей к гомеостазу» [7, с. 239].

Иными словами, на определенном этапе развития форм жизни при сохранении цели выживания популяции появляется еще и цель более высокого порядка — *поддержания гомеостаза* процесса размножения популяции даже при довольно значительных изменениях внешней среды. Достижение этой цели существенно повышает эффективность воспроизводственного процесса и делает возможным решение более широкого круга задач, связанных с жизнедеятельностью вида.

Гомеостатические механизмы по самой своей природе ориентированы на сохранение сложившихся соотношений (в частности, соотношения «популяция—среда»), тогда как в природе, а тем более в обществе происходят постоянные направленные изменения. В этих изменениях прослеживается одна общая линия: повышение качества функционирования биологических, а затем и социальных систем, преодоление достигнутого уровня эффективности функционирования во имя перехода на еще более высокий ее уровень. Применительно к процессу воспроизводства популяции это означает, что не только соотношение функций $f(x)$ и $l(x)$ должно быть подчинено требованию (1) (выживание) и не только эти функции должны обладать относительной устойчивостью по отношению к внешним помехам (гомеостаз), но что роль критерия приобретают сами значения функции $l(x)$ и в дополнение к требованию (1), которое сохраняется, можно записать еще требование (2):

$$\frac{\int_0^{\infty} f(x) dx}{\int_0^{\infty} f(x) l(x) dx} = \min \quad (2)$$

(качество процесса размножения тем выше, чем отношение

$$\int_0^{\infty} f(x) dx / \int_0^{\infty} f(x) l(x) dx \text{ меньше).}$$

Понятно, что ни при каких условиях это отношение не может стать меньше 1. Но степень приближения к 1 характеризует эффективность процесса возобновления популяции. Эта характеристика весьма существенна для популяций животных, но особенно важна она для человека, так как каждое серьезное ее улучшение значительно расширяет универсальные возможности человеческого общества. Поэтому выжива-

ние и даже гомеостаз как цели демографической системы, сохраняясь, перекрываются целью еще более высокого порядка — *повышением качества функционирования* ¹.

УПРАВЛЕНИЕ В ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ И КУЛЬТУРА

Достижение указанных целей возможно только в том случае, если множество элементарных демографических событий, из которых складывается в конечном счете единый процесс возобновления поколений, определенным образом упорядочено и в этом смысле управляемо. Задача управления — ограничение возможного разнообразия линий и актов демографического поведения людей, приводящее к повышению вероятности одних и понижению вероятности других демографических событий, приведение их в максимально достижимое соответствие с целями демографической системы. Целям более высокого порядка должна соответствовать и большая эффективность управления, в частности большая независимость его от внешних помех.

Высококачественное управление — это всегда самоуправление, имеющее достаточно автономную программу, обеспечивающую устойчивость поведения управляемого объема при малых изменениях внешней среды системы и способную приспособительно перестраиваться, если такие изменения становятся большими. Подобные эффективные программы, выработанные в ходе биологической эволюции, широко распространены в природе. Однако возникновение человеческого общества знаменовало собой переход к более сложным, чем биологические, социальным формам организации живой материи, а соответственно и к гораздо более сложным управляющим программам. Их возникновение и реализация стали возможны потому, что еще в период своего становления общество выработало особый язык — язык культуры.

В настоящей статье культура трактуется как определенным образом организованная информация о социально апробированных способах деятельности людей и связанных с ней общественных отношениях. Эта информация, многократно проверенная и отобранная историческим развитием по критериям как объективной целесообразности, так и эффективности воздействия на людей, соответствующим образом закодированная, непрерывно циркулирует в обществе и, подобно всякой информации, противостоит росту энтропии, не-

¹ Подробнее о качестве функционирования демографической системы см. [4, с. 244].

определенности, беспорядка. Такую роль она выполняет и по отношению к воспроизводству населения, внося необходимый порядок в массовое демографическое поведение людей.

Это не значит, конечно, что культура первична и что ход демографических процессов предопределяется культурой как таковой. Первичны сама деятельность людей, непосредственно связанная с производством потомства, с сохранением человеческой жизни, и порождаемые этой деятельностью социальные и материальные по своей природе «демографические отношения». Эти последние, многократно повторяясь и воспроизводясь, формируют вокруг себя сложные культурные комплексы, культурные структуры, которые в свою очередь обеспечивают устойчивость и воспроизводимость породивших их отношений. Культурные структуры, стало быть, вторичны, производны, но это несколько не снижает их роли в управлении демографическим поведением людей.

Культурные структуры имеют разные иерархические уровни. На одном из самых высоких находится культурная традиция. Она вбирает в себя весь исторический опыт существования народа в определенных природных и социальных условиях и потому может выполнять роль «обобщенных моделей вероятности протекания соответствующих процессов» [5, с. 156], оказывает стабилизирующее, гомеостатическое влияние на общественную жизнь.

В рамках культурной традиции складываются более частные культурные комплексы, отражающие общепризнанный взгляд на отдельные социальные функции и порождаемые ими отношения. Назовем такие комплексы культурными парадигмами. Принадлежность к одной культурной традиции обуславливает взаимную согласованность и непротиворечивость вытекающих из них требований к поведению людей. Культурные парадигмы имеют ярко выраженную ценностную окраску, указывают на то, что хорошо и что плохо, что можно и чего нельзя в данной области человеческой деятельности. Можно ли избавиться от ожидаемого или уже рожденного ребенка, допустим ли развод или повторный брак — вот примеры вопросов, ответы на которые определяются культурными парадигмами.

Наконец, есть еще более низкий уровень культурных структур, которые можно назвать культурными рекомендациями. Они указывают, как действовать в конкретных ситуациях: как должна вести себя женщина, ждущая ребенка, как пеленать или кормить младенца, каким должен быть свадебный обряд и т. п. Культурная рекомендация может в равной мере содержаться и в древнем обычае (например, обреза-

ние), и в правилах медицинской процедуры, основанных на современном рациональном знании (например, прививка оспы). Важно только, чтобы такая рекомендация соответствовала культурной парадигме — в противном случае она не будет применяться. Скажем, пока господствует парадигма недопустимости вмешательства родителей в процесс зачатия или вынашивания детей, нельзя рассчитывать на превращение в культурно рекомендованные каких-либо действий, направленных на предотвращение зачатия или прерывание беременности.

С первых минут своей жизни человек живет внутри культуры. Содержащаяся в ней информация усваивается им в процессе воспитания с большей или меньшей полнотой, формирует в сознании каждого идеальный для данной культуры образ человека, идеальную программу человеческой жизни, которую люди, как правило, стремятся реализовать в своем поведении без всякого внешнего принуждения.

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ОТБОР

Как же возникают сами культурные структуры, каким образом они эволюционируют так, что всякий раз оказываются очень точно «подогнанными» к условиям существования людей? Ответ прост: главная роль в становлении и эволюции культурных структур принадлежит отбору.

Представления об отборе как основном механизме самоорганизации и саморазвития сложных систем сформировались в биологии в рамках дарвиновской теории эволюции. Однако сейчас этот механизм все чаще понимается как универсальный, действующий также и на добиологическом и на постбиологическом (т. е. социальном) уровнях развития материи. Применительной к добиологическому уровню он рассматривается, например, в работах М. Эйгена по теории самоорганизации макромолекул [9]. Примером обращения к этому механизму при анализе процессов социальной самоорганизации могут служить работы советского специалиста по теории культуры Э. С. Маркаряна. Он отмечает, в частности, что «определенные звенья культурной традиции выполняют в принципе такие же селективные стабилизирующие и направляющие функции, какие в процессах биологической эволюции выполняет естественный отбор» [5, с. 158].

В качестве объекта социального отбора выступают широко понимаемые способы деятельности людей (в том числе, конечно, и способы их деятельности в демографической сфере), ее социально задаваемые программы, роль которых, как мы ви-

дели, выполняет культурная традиция и ее элементы. Стало быть, социальный отбор — это в значительной степени отбор социокультурный.

Как в природе, так и в обществе отбор выполняет две основные функции: движущую и стабилизирующую. «Если движущая или ведущая форма отбора идет на основе селекционного преимущества некоторых уклонений перед прежней «нормой» и ведет к установлению новой «нормы», то стабилизирующая форма отбора покоится на селекционном преимуществе установившейся дефинитивной нормы перед всеми от нее уклонениями» [8, с. 10]. Эта мысль, призванная объяснить эволюцию живых организмов в природе, вполне применима к объяснению изменений культурной традиции и ее элементов. Как отмечал И. И. Шмальгаузен, если живой организм приспособлен к условиям существования и эти условия сохраняются, в общем, неизменными, то структура и свойства организма могут не меняться на протяжении геологических периодов. То же относится и к культурным структурам. Если они приспособлены к условиям существования людей и эти условия относительно мало меняются, то отбор препятствует культурным инновациям, направлен прежде всего на поддержание социокультурного *status quo*. Культурные рекомендации, культурные парадигмы и вся культурная традиция в целом сохраняют свою жизнеспособность и остаются в главном неизменными на протяжении если и не геологических периодов, то достаточно долгих отрезков человеческой истории.

Если же условия существования людей и соответственно условия выполнения каких-либо жизненно важных социальных функций сильно меняются, то меняются и задачи отбора. Теперь он должен не сохранять устойчивость имеющихся культурных структур, а как можно эффективнее отсеивать их устаревшие, архаичные формы и расчищать место для массового распространения культурных инноваций, более соответствующих новым экономическим и социальным условиям.

В разные эпохи человеческой истории роль различных типов социального отбора неодинакова. На протяжении более или менее длительных периодов существования зрелых социально-экономических систем (например, западноевропейского феодализма), в которых медленное накопление количественных изменений до поры до времени не приводит к коренным качественным изменениям, преобладающую роль играет стабилизирующий отбор, который охраняет сложившиеся культурные структуры, осуждает любые отклоне-

ния от них как ересь, грех, правонарушение, на давая им тем самым превратиться в культурную норму.

Лишь в относительно редкие переломные моменты истории приобретает размах и достигает успеха деятельность, идущая вразрез с господствующими культурными нормами. Это бывает тогда, когда под влиянием необратимых исторических изменений в условиях существования те или иные установки культуры перестают соответствовать новым условиям. Культурные парадигмы — а иногда и вся культурная традиция — переживают непреодолимый внутренний кризис, и возникает объективная необходимость их замены или трансформации. Тогда-то и выходит на первый план направленный социокультурный отбор.

Именно такое положение складывается во время современной демографической революции — глубокого переворота в материальных условиях процесса возобновления поколений, в соответствующих им демографических отношениях, а стало быть, и в культуре, во всяком случае в том ее пласте, который непосредственно «обслуживает» воспроизводство населения.

Существует тесная связь между действием механизма отбора и целями демографической системы. Отбор всегда направлен на достижение этих целей, т. е. на обеспечение выживания, гомеостаза и наилучшего из возможных в данных условиях качества функционирования системы. Но неверно было бы думать, что эти цели заданы заранее, а селекция вырабатывает только средства их достижения. Целеполагание тоже функция отбора. В процессе постоянной самоорганизации демографическая система сама «нащупывает» свои цели в их исторической конкретности. Устойчивость к внешним помехам — хорошо, но повышение качества функционирования, если оно возможно, — еще лучше. Этим определяется селективная ценность культурных структур и меняющееся значение основных форм отбора.

Демографическая революция начинается тогда, когда появляется объективная возможность перехода на новый, качественно более высокий уровень функционирования демографической системы. Это резко повышает селективную ценность соответствующих новым условиям культурных структур, в том числе и таких, которые могли издавна существовать как предосудительные аномалии, не обладая никакой конкурентоспособностью по отношению к «норме». Внутри культуры разворачивается конфликт, обостряются столкновения старых и новых культурных структур, активизируется действие направленного социокультурного от-

бора. Рано или поздно оно приводит к вытеснению старого новым, прежние культурные образцы стираются из памяти общества, а культурные инновации, еще недавно выглядевшие экзотическими раритетами, превращаются в культурную норму. Когда же демографическая революция завершается, направленный отбор снова уступает место стабилизирующему, который закрепляет культурные структуры, соответствующие новым условиям.

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ОТБОР И ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Как соотносятся между собой самоорганизация демографической системы, социокультурный отбор, как механизм такой самоорганизации, и демографическая политика? Может ли последняя быть эффективной, скажем, в развивающихся странах, где вопрос о перестройке демографического поведения в желаемом направлении — это прежде всего вопрос о трансформации наиболее общих оснований культурной традиции?

Сейчас под влиянием экономического и социального развития, политической борьбы такая трансформация идет довольно быстро. Ослабевают «рабские цепи традиционных правил» [1, с. 135], теряет силу тысячелетняя система культурных норм. Вносит свой вклад в ее разрушение и демографическая политика, пропаганда нового демографического поведения, новых демографических идеалов. Положительную роль в этом смысле играют меры правительств развивающихся стран и неправительственных организаций, направленные на ускорение замены старых культурных рекомендаций новыми.

Однако эти усилия часто оказываются малоэффективными из-за того, что наталкиваются на консерватизм архаичных укладов и отношений, все еще сохраняющих сильные позиции в жизни развивающихся стран, а также на непоследовательность и противоречивость идеологии и форм массового сознания их населения. Тесно связанное с борьбой за экономическую и политическую независимость стремление отстоять национальные культурные ценности от бесцеремонного вторжения «западной цивилизации» до известной степени затрудняет изживание тех культурных структур, которые утрачивают свою основу и превращаются в анахронизм, а иногда приводит и к их искусственному консервированию. Все это ограничивает возможности собственно демографической политики, которая может воздействовать на

отбор только сравнительно узкого класса «специализированных» культурных структур.

Гораздо большую преобразовательную силу имеют такие социально-экономические процессы, как коренное изменение классового состава общества, индустриализация, урбанизация, массовое вовлечение женщин в общественное производство и общественную жизнь. Эти и подобные им процессы не просто подрывают основы всех отживших культурных структур, в том числе, конечно, и имеющих демографическое значение, но и побуждают к ускоренному освоению культурных форм, соответствующих всему новому укладу жизни. Следовательно, надежные предпосылки преодоления рассогласования, возникшего в демографической системе, методами ее самоорганизации в освободившихся странах могут быть созданы только успехами в широко понимаемом социальном переустройстве общества.

Это, однако, не значит, что социально-экономические преобразования противопоставляются демографической политике. Скорее, напротив: чем успешнее идут эти преобразования, тем больше возможностей появляется у такой политики. Повышается ее способность влиять на темпы направленного социокультурного отбора, ускоряется устранение возникающих в ходе демографической революции рассогласований, а это вносит свой позитивный вклад в общее дело социального переустройства общества.

Но может возникнуть — и нередко возникает в действительности — другой вопрос: совместимо ли существование объективной цели демографической системы, объективных процессов ее самоорганизации с сознательной, целенаправленной деятельностью людей, с их свободой выбирать собственные цели? Иными словами, не противостоит ли демографической политике сама идея самоорганизации?

В нашем понимании, такого противопоставления здесь нет. Социокультурный отбор — один из главных механизмов самоорганизации социальных систем — всегда затрагивает способы деятельности, образ жизни, общественные отношения людей, и они, осознавая его действие, никогда не остаются пассивными по отношению к возможным или происходящим переменам. Любая активность в человеческом обществе в конечном счете приобретает свойственную этому обществу организованность, вписывается в систему присущих ему социальных институтов, находит своих выразителей, идеологов и т. д. Таким образом, процессы самоорганизации в социальных системах включают в себя сознательную деятельность людей. Степень осознанности происходящего при

этом может быть различной — от смутного, интуитивного неприятия отживших либо, напротив, зарождающихся культурных образцов до научного познания генеральных тенденций развития и точного прогнозирования предстоящих социокультурных изменений. Но в любом случае предпочтения, высказываемые отдельными людьми или их группами в отношении тех или иных культурных структур, способны оказать ускоряющее или тормозящее воздействие на селективный процесс. Когда же такие предпочтения получают поддержку влиятельных социальных институтов — государства, церкви, политических партий и т. п., они определяют направление *политики* и их селективная роль еще более возрастает. Разумеется, все это относится и к демографической политике, которая есть высшее проявление самоорганизации демографической системы, осознанной деятельности людей, направленной на закрепление или изменение тех или иных культурно санкционируемых форм демографического поведения.

Для нашего понимания демографической политики очень важно «системное видение» демографических процессов. Ведь если эти процессы суть сумма простых реакций на изменения внешних по отношению к воспроизводству населения условий, например экономических, то политика должна заключаться в соответствующем контроле этих изменений. Системное же видение отвергает такой упрощенный взгляд на сложный процесс. Оно ведет к осмыслению «внутренней среды» демографической системы, обеспечивающей ее самоорганизацию и относительную независимость ее функционирования от внешних воздействий. А это значит, что и влиять на поведение системы методами демографической политики в обычных условиях можно только через ее внутреннюю среду, прежде всего через те культурные структуры, о которых шла речь в этой статье. Действенная демографическая политика — это прежде всего мощный фактор социокультурного отбора. Долговременный успех она может принести, только если поддерживает тот вид отбора (движущий или стабилизирующий), который выдвинут на первый план самим историческим развитием.

Если это требование не соблюдается, демографическая политика может оказаться безрезультатной. Ее цели — промежуточные или конечные — нельзя ставить произвольно. Как писал В. И. Ленин, «...цели человека порождены объективным миром и предполагают его... как данное, наличное. Но кажется человеку, что его цели вне мира взяты, от мира независимы («свобода»)» [3, с. 170—171]. Поскольку

между целями системы, существующими объективно, и демографической политикой, представляющей собой субъективную деятельность, имеется промежуточное звено — отражение объективных процессов в сознании (в массовом индивидуальном сознании, в сознании идеолога, разработчика демографической политики, законодателя и т.д.), важно, чтобы это отражение было верным, чтобы цели демографической системы на каждом историческом этапе ее развития были правильно поняты. Только в этом случае демографическая политика способствует самоорганизации системы (благодаря чему внутренняя организация системы приводится в соответствие с ее целями быстрее, чем если бы отбор шел стихийно, методом проб и ошибок), а не тормозит ее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 9.
2. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 21.
3. Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29.
4. Вишневский А. Г. Воспроизводство населения и общество: История, современность, взгляд в будущее. М.: Финансы и статистика, 1982. 287 с.
5. Маркарян Э. С. Теория культуры и современная наука. М.: Мысль, 1983. 284 с.
6. Новосельцев В. Н. Теория управления и биосистемы. М.: Наука, 1978. 319 с.
7. Риклефс Р. Основы общей экологии: Пер. с англ. М.: Мир, 1979 с. 424.
8. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции: Теория стабилизирующего отбора. М.: Наука, 1968. 451 с.
9. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973, 216 с.
10. Vishnevsky A. G. The demographic revolution and the control on the demographic processes.— In: Demographic transition. (Beiträge zur Demographie; N 7). В.: Akad.-Verl., 1983, p. 85—104.

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

А. И. СМИРНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Форма и размеры являются неотъемлемыми характеристиками любого материального предмета. Вся материальная культура общества основана на использовании твердых тел определенной формы, а способы их изготовления представляют собой важнейшую характеристику цивилизации. Из всех видов человеческой деятельности выделим в качестве объекта исследования ту, которая направлена на получение изделий определенной формы и размеров, называя ее в дальнейшем «технологией формообразования». В данной работе в понятие «технология» вкладывается более широкий смысл, чем это обычно принято в прикладных исследованиях, — оно объединяет и методы, и оборудование, и совокупность организационных мероприятий, используемых для достижения определенного результата (в данном случае для создания твердого тела определенной формы и размеров). Технология формообразования составляет основу, например, всех направлений современной технологии, содержащих в своих названиях корень «строить»: строительство, авиа- и ракетостроение, автомобилестроение, кораблестроение и т. д. (последние направления объединяются общим понятием «машиностроение»).

Совершенно очевидно, что единство основного результата всех перечисленных прикладных технологий вызывает объективное единство основных используемых в них методов, конструкторских решений и т. п. Однако единая теория, охватывающая эти общие свойства всех перечисленных технологий, до сих пор отсутствует. Многие из указанных направлений технологии развивались практически с самого начала появления «гомо сапиенс». Развитие их шло по линии накопления

опыта, эмпирических навыков, причем, чем дальше уходили технологии в своем развитии, тем больше становился багаж этих навыков, тем больше появлялось «отраслевых» специальных понятий и терминов и тем труднее становился обмен опытом между этими отраслями. Более того, даже внутри этих отраслей к настоящему времени существенно обособились три различных направления накопления опыта: 1) накопление опыта о методах достижения цели получило название «технология»; 2) накопление опыта об орудиях достижения цели получило название «конструирование»; 3) накопление опыта о построении пространственно-временной структуры процесса достижения цели получило название «организация и управление».

Указанные направления превратились в самостоятельные дисциплины, специалисты по которым готовятся отдельно, и для функционирования любой конкретной отрасли необходимо взаимодействие работников всех трех специальностей. Такая специализация способствует более детальной проработке каждой из трех выделенных составляющих целостной задачи, оптимизации их при решении конкретной проблемы, однако она же препятствует осмыслению событий, происходящих в технологии в целом, сопоставлению их с непрерывно меняющимися требованиями окружающей среды, определению направлений оптимального развития всей технологии.

В настоящей работе сделана попытка заложить основы понятийного аппарата дедуктивной теории, которую можно назвать общей теорией технологии формообразования. Представляется, что основные понятия такой теории должны описывать и объяснять наиболее общие, инвариантные свойства исследуемого объекта. В то же время они должны позволять переходить к описанию и объяснению любого из фактов в исследуемой области путем последовательного логического развертывания, перехода на низшие, более конкретные уровни знания.

В прикладных технических дисциплинах используются такие общие понятия, как «формообразование» (которое дополняется понятием «размерная обработка»), «станок», «заготовка», «изделие» и т. д. Однако невозможно ответить на вопрос, сколько таких понятий нужно взять, чтобы обеспечить исчерпывающее, полное описание объекта, неясна иерархия этих понятий. Сами определения этих понятий неудовлетворительны. Например, «формообразование» определяется чисто тавтологически, как «получение заданной формы изделия».

В настоящей работе для обеспечения полноты описаний объекта применен функциональный подход. Для того чтобы исходный понятийный аппарат был максимально компактным, использованы наиболее общие понятия. Чтобы обеспечить возможность дальнейшего развертывания понятийного аппарата без нарушения логической строгости, использованы не понятия прикладных технических дисциплин, а обобщающие понятия фундаментальных наук, которые отражают состав окружающего мира, — понятия «вещество», «энергия», «информация».

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходная модель технологии как единого целого представлена в виде «черного ящика», системы неизвестной структуры, на вход которой поступает вещество (материал), энергия и информация, а на выходе получается *продукт* и *отходы* (т. е. все то, что не является продуктом). Эта общая модель описывает любую технологию. По-видимому, эта же модель лежит в основе общего определения механической машины, данного академиком И. И. Артоболевским: «Машина есть устройство, выполняющее механические движения для преобразования материи, энергии и информации» [1]. Можно ли в рамках столь общей модели выделить черты, специфичные для технологии формообразования?

И. И. Артоболевский в соответствии с данным им определением разделяет машины на: а) преобразующие энергию — энергетические; б) преобразующие информацию — информационные; в) преобразующие материалы — рабочие.

Рабочие машины, в свою очередь, делятся на *транспортные*, которые изменяют только положение объекта, и *технологические*, которые изменяют форму, свойства и положение объекта, — именно к ним отнесено оборудование для формообразования.

Признак «преобразование потока материалов» достаточен для отделения технологии формообразования (и соответствующих машин) от энергетических и информационных технологий, но не позволяет отличить ее от таких технологий, как, например, химические. Поэтому в качестве дополнительного признака, определяющего формообразующие машины, И. И. Артоболевский использует описание результата их применения — «изменение формы объекта». Однако и это дополнение еще недостаточно для однозначного определения формообразующих машин. Оно не позволяет отделить их от таких машин, как мельницы, дробилки и даже все-

возможные орудия разрушения — бомбы, снаряды.... Действительно, все перечисленные устройства «преобразуют материалы» и предназначены для «изменения формы объекта».

Мы полагаем, что главный признак, разделяющий перечисленные устройства, состоит в следующем. Мельница и бомба «изменяют форму объекта» произвольным, безразличным для нас образом. Мельница должна увеличить площадь поверхности материала, размалывая его частицы, форма же получаемых частиц несущественна. Бомба должна просто изменить форму объекта любым способом, лишь бы нарушить его функционирование. В то же время формообразующая машина, например металлорежущий станок, изменяет форму объекта (заготовки) однозначно определенным заранее, заданным образом.

Мы полагаем целесообразным вынести процедуру *задания* формы за пределы рассмотрения, приписывая технологии формообразования чисто «исполнительские» функции. Задание — сведения об определенной форме и размерах изделия — есть не что иное, как информация геометрического содержания, или, для краткости, *геометрическая информация*. На вход системы «технология формообразования» она поступает в виде рисунка, чертежа, словесного задания и т. п., т. е. в *символическом виде*. На выходе эта же информация выступает уже в своем *естественном* виде, зафиксированная в форме и размерах изделия, материал которого также задан заранее. Следовательно, в наиболее общей формулировке внутренние функции технологии формообразования состоят в преобразовании из символического вида в естественный и фиксации на заданном материале заданной геометрической информации.

Таким образом, при формообразовании непосредственно наблюдаемому процессу преобразования материала (изменения его формы) всегда логически предшествует преобразование геометрической информации из символического в естественный вид — факт, до сих пор нигде не отмечавшийся. Выявим общий, инвариантный механизм этого информационного преобразования.

На вход системы-преобразователя поступает условный сигнал — символ, а на выходе получается безусловный, вещественный результат — изделие заданной формы. Подобное преобразование может быть выполнено единственным способом: путем постановки в соответствие каждому символу, *обозначающему* данную геометрическую информацию, материального объекта, *содержащего* эту информацию в есте-

ственном виде, т. е. в виде собственной формы и (или) размеров. Такой материальный объект будем называть *эталоном* данной геометрической информации.

В процессе преобразования геометрическая информация считывается с эталона. При этом происходит «размножение» информации: она, с одной стороны, переносится в заданную область пространства (и может быть там зафиксирована на новом носителе), а с другой стороны, остается на эталоне практически без изменений.

Логически возможны три случая:

1) заключенная в эталоне геометрическая информация считывается целиком; такой процесс назовем простым *копированием* эталона;

2) считывается заданная часть содержащейся в эталоне информации; в отличие от предыдущего назовем это *управляемым копированием* эталона; этим путем можно целенаправленно изменять результат в пределах от «нулевого» до полного копирования всей информации эталона;

3) геометрическая информация, считываемая в управляемом режиме с нескольких эталонов, *складывается* — это означает, что в заданную область пространства переносится не только информация, считанная с эталонов, но и информация о взаимном положении этих эталонов.

Универсальный, обеспечивающий получение изделия любой формы *координатный* метод преобразования геометрической информации из символического в естественный вид основан на сложении геометрической информации. Для его применения в конструкции преобразователя должно быть реализовано *координатное пространство* — система эталонов координатных осей, а также длин и углов перемещений относительно этих осей, организованных таким образом, чтобы обеспечить возможность сложения информации, считываемой с отдельных эталонов. Координатное пространство является неотъемлемым элементом любого универсального преобразователя, где бы и когда бы он ни применялся.

Рассмотрим теперь наиболее общие аспекты процесса фиксации преобразованной в естественный вид геометрической информации на заданном материале, т. е. процесса преобразования материала.

Самыми общими инвариантами являются балансные соотношения, вытекающие из принципа сохранения вещества и отражающие обмен веществом между формообразующей системой (рассматриваемой как совокупность предметов, используемых для формообразования) и окружающей средой. Эти соотношения важны для оценки «безотходности» процес-

са. Перечислим имеющиеся здесь логические возможности:

1) можно изменять форму твердого тела, удаляя с него вещество в окружающую среду (т. е. разрывая внутренние связи);

2) можно изменять форму твердого тела, присоединяя к нему вещество из окружающей среды (т. е. умножая внутренние связи);

3) можно изменять форму тела, не изменяя его массы, без обмена веществом с окружающей средой (перестраивая внутренние связи).

Методы 2 и 3 теоретически можно считать «безотходными» (хотя при их практической реализации всегда будут получаться какие-то отходы). Принципиально сопряжен с отходами материалов только первый метод.

От величины и направления потока вещества при формообразовании зависит *энергоёмкость* процесса. (Удельная энергоёмкость, т. е. величина затрат энергии, отнесенная к единице объема преобразуемого материала, зависит от вида этого материала и от физического метода, используемого для преобразования.)

Таким образом, в качестве основных, исходных понятий общей теории технологии формообразования предлагаются понятия *символического и естественного вида геометрической информации, эталона, управляемого и неуправляемого копирования эталона, сложения геометрической информации, координатного пространства, продукта и отхода, внутренних связей в материале.*

Покажем на примере технологии формообразования в машиностроении, как с помощью этих понятий можно не только дать описание и объяснение современному состоянию, но и сформулировать наиболее важные направления дальнейшего развития этой ветви технологии.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Методы обработки. Рассмотрим наиболее распространенные в машиностроении методы получения изделий заданной формы из заданного материала.

Наибольшую (по трудоемкости) долю здесь занимает обработка резанием на металлорежущих станках. Нетрудно видеть, что металлорежущий станок одновременно реализует обе составляющих функции технологии формообразования — преобразует геометрическую информацию в естественный

вид и фиксирует текущий результат преобразования на заданном материале заготовки.

Рассматривая, например, получение изделия заданной формы объемной штамповкой, мы убеждаемся, что этот метод обработки обеспечивает лишь перенос информации на материал заготовки, копирование этой информации без преобразования. Очевидно, что переносу должно предшествовать преобразование информации из символьного в естественный вид с фиксацией ее на промежуточном носителе — штампе.

Метод литья требует еще более длинного цикла для получения конечного результата — вначале необходимо преобразовать информацию к естественному виду и зафиксировать ее на промежуточном носителе — модели, затем с модели перенести на следующий промежуточный носитель — форму, и лишь после этого информация переносится на заданный материал заготовки. Поскольку этот материал в момент переноса находится в жидком состоянии, необходим еще этап затвердения металла, т. е. фиксации перенесенной геометрической информации.

Таким образом, литье и штамповка являются не методами **ФОРМООБРАЗОВАНИЯ** в том смысле, как это понимается в данной работе, а всего лишь методами **ФОРМОКОПИРОВАНИЯ** — переноса уже заданной в естественном виде геометрической информации с одного материального носителя на другой.

Воспользуемся введенным понятийным аппаратом для анализа причин одного весьма важного для практики явления.

Вот уже десятилетиями не только в прогнозных, но и директивных документах выражается стремление заменять сопряженную с отходами металла обработку резанием «безотходными» и «малоотходными» методами — литьем, объемной штамповкой, прессованием из порошков. Однако ретроспективный анализ показывает, что реальные сдвиги в этом направлении существенно отстают от желаемых. Мы полагаем, что в основе этого лежат следующие объективные причины.

Связанная с отходами обработка резанием является в настоящее время практически единственным методом получения заданных изделий из металла *в одну операцию*, путем фиксации текущего результата преобразования заданной геометрической информации на заданном материале изделия. Накопление результата обеспечивается при использовании этого метода только благодаря тому, что текущий результат преобразования все время фиксируется на твер-

дом, сохраняющем приданную ему форму, теле заготовки. Такой экономный однооперационный процесс не может быть выполнен с помощью «безотходного» метода литья. На жидком металле текущий результат процесса преобразования просто не может быть зафиксирован, возможна фиксация лишь окончательного результата этого процесса целиком. Для этого предварительно необходимо провести формообразование методом удаления припуска, а затем **СКОПИРОВАТЬ** целостную форму полученной модели. Единственное, на чем здесь можно выиграть, — использовать для моделей легкообрабатываемые резанием материалы (дерево, специальные пластмассы). Однако все эти процессы уже многооперационные.

Аналогичные рассуждения относятся и к современным методам прессования из порошков, объемной штамповки — все это методы **ФОРМОКОПИРОВАНИЯ**, а не формообразования, и они не могут являться его эквивалентной заменой. За экономию материала основного изделия неизбежно надо платить усложнением структуры процесса получения законченного изделия, что связано с увеличением затрат живого труда, энергии, производственных площадей и времени.

Сложившееся в различных странах соотношение между резанием и «безотходными» методами, по-видимому, в значительной мере отражает соотношение стоимостей указанных основных видов ресурсов, и существенное изменение этого соотношения в желаемом направлении можно ожидать только после создания *однооперационного безотходного метода формообразования*, приемлемого по энергоемкости.

Как следует из основного определения, используемый для этой цели физический метод должен обеспечивать фиксацию и накопление текущего результата преобразования заданной геометрической информации. Этому условию, а также условию безотходности может одновременно удовлетворять только метод второго класса — метод присоединения вещества к заготовке, метод «наращивания».

С учетом критерия энергоемкости процесса можно полагать, что метод сращивания изделий заданной формы из порошкового материала (более подробно он описан в работе [2]) имеет существенные преимущества перед ионным и плазменным напылением; и представляется целесообразным начать поисковые научно-исследовательские работы, направленные на практическую реализацию этого метода.

Проблемы автоматизации. Рассмотрим все народное хозяйство как некую целостность, располагающую тремя видами ресурсов: рабочей силой, материалами и энергией.

Любая технология является частью народного хозяйства и потребляет некоторую часть ресурсов каждого вида. Сравнение этих частей, выраженных в относительных единицах от целого (за которое принято все количество ресурсов данного вида) дает представление об относительной значимости трудо-, материало- и энергосберегающего направлений развития технологии.

Подобная оценка, проделанная для технологии формообразования в машиностроении и металлообработке [2], показала, что наиболее значимо трудосберегающее направление. Проблемы автоматизации данной технологии рассмотрим «сверху вниз», переходя от самых общих моделей к более детализированным до тех пор, пока не получим формулировки направлений научных исследований и разработок, решающих эти проблемы. Направления, выявленные с помощью такой процедуры, очевидно, и будут являться главными.

Прежде всего сопоставим две целостные системы: полный *продукт* рассматриваемой технологии и полную *формообразующую систему* (совокупность средств, обеспечивающих изготовление этого продукта). Рассмотрим состав этих систем.

Самая общая особенность продукта технологии формообразования в машиностроении — его разнообразие, принципиально качественно превосходящее разнообразие продукта любых других преобразующих материал технологий. Оценка, сделанная на основе статистических исследований всего лишь разнообразия тел вращения, изготавливаемых в течение одного года на нескольких машиностроительных заводах, составила 10^9 [3]. Экстраполируя эту оценку на множество всех деталей машиностроения, можно оценить его разнообразие не менее чем в 10^{10} . Для сравнения отметим, что верхняя оценка разнообразия продукта, например, химической промышленности на целых пять порядков меньше.

Поскольку наша цель — определить главные направления совершенствования системы «средства формообразования», систему «продукт» будем рассматривать как внешний, заданный фактор. Для того чтобы обеспечить изготовление заданного состава этой системы, теоретически возможно использовать два предельных подхода: 1) изготавливать все разнообразие изделий с помощью единственного типа «абсолютно универсального» средства формообразования; 2) изготавливать каждый новый вид изделия с помощью специально созданного для этой цели средства.

На заре развития цивилизации изготовление всего разнообразия металлических изделий заданной формы обеспечи-

валось единственным типом «абсолютно универсальной» формообразующей системы — человеком. Сбережение живого труда в этой области началось с созданием формообразующих машин — металлорежущих станков, и к настоящему времени сложился следующий состав системы «средства формообразования». Укрупненно эта система состоит из технических средств — парка металлорежущих станков — и обслуживающих эти средства людей. Подавляющая часть парка формообразующих машин (более 90%) составляют станки, называемые «универсальными» (хотя их разнообразие измеряется величиной порядка 10^3). Остальные машины в парке — станки «специальные», ориентированные на изготовление отдельных видов деталей. Разнообразие этих станков, по разным оценкам, не превышает величины 10^4 — 10^5 . Независимо от того какая из оценок ближе к истине, обе они малы по сравнению с полным разнообразием деталей (10^{10}). Специальные станки в основном автоматы. «Универсальные» станки, на которых изготавливается основная номенклатура деталей, управляются операторами вручную и поглощают подавляющую часть трудовых ресурсов систем «средства формообразования». С целью снижения затрат живого труда вот уже более тридцати лет разрабатываются и более четверти века промышленно внедряются станки с числовым программным управлением (ЧПУ) — машины, которым предназначена роль универсальных формообразующих автоматов. Как показало специально проведенное исследование [4], за указанный срок эти станки сумели лишь несущественно «потеснить» универсальные станки с ручным управлением. Например, в совокупном парке станков передовых капиталистических стран они заняли всего 3%. Остальную, главную часть функции технологии формообразования в машиностроении до сих пор выполняют операторы, работающие на станках с ручным управлением. Станки с ЧПУ находят применение скорее в области, занимаемой специализированными и специальными станками, т. е. фактически оказались существенно менее универсальными, чем традиционные станки с ручным управлением. Между тем в них заложены конструктивные схемы и принципы именно универсальных машин, что делает их существенно дороже по сравнению с традиционными, например кулачковыми, автоматами.

Эти особенности современных автоматов с ЧПУ сдерживают, на наш взгляд, не только широкое внедрение отдельных станков, но и развитие наиболее радикального средства комплексной автоматизации — так называемых «гибких автоматизированных производств» в машиностроении.

Таким образом, при самом общем рассмотрении проблема формулируется как «недостаточная универсальность» современных автоматов с ЧПУ. Для того чтобы сделать следующий шаг, необходимо, очевидно, рассмотреть внутреннее содержание понятия «универсальность» станка.

Под универсальностью мы понимали возможность изготовить любое из всего разнообразия изделий. Какова качественная структура этого разнообразия? Металлические детали, обрабатываемые в машиностроении, помимо материала, разнятся чисто геометрическими признаками: формой и размерами, а также точностью реализации этих признаков. Рассмотрим, как могут реализоваться эти составляющие современными формообразующими автоматами.

Уже созданные микропроцессоры, составляющие элементную базу современных устройств ЧПУ, обеспечивают принципиальную возможность формировать сигналы управления для изготовления детали практически любой формы, размера и точности, из любого материала. Таким образом, современные системы управления практически универсальны, и ограничение универсальности станка лежит не в них, а в собственно формообразующей машине — станке.

Чрезвычайно широкое — практически неограниченное — разнообразие *форм* и *размеров* изделий можно получить с помощью многокоординатных станков с ЧПУ (так называемых обрабатывающих центров), созданных в последние десятилетия. Иначе обстоит дело с универсальностью даже лучших из этих станков по *точности*. Для таких универсальных преобразователей геометрической информации из символического в естественный вид вводится понятие «пространственная точность», характеризуемое полем погрешностей преобразования по всему рабочему пространству. Для некоторых областей рабочего пространства абсолютная величина погрешности в таких станках достигает сотен микрометров, хотя ряд геометрических характеристик изделий современного машиностроения должен быть выдержан с погрешностью не более десятков и даже единиц микрометров.

Таким образом, наиболее совершенные из современных станков, универсальных в отношении формы изделия, не являются таковыми по отношению к *точности* изделия. Необходимая точность обработки на таких станках достигается с помощью специальных мероприятий, заключающихся в использовании дополнительных (по отношению к координатной системе станка) эталонов: измерительного и режущего инструмента, оснастки и т. п. Менее сложные станки с ЧПУ

(фрезерные, сверлильные, токарные и т. п.) не обладают универсальностью по параметру формы изделия. Разнообразие моделей этих станков (оцениваемое примерно в 10^3) объясняется приспособлением каждой из моделей к обработке в пределах определенного класса форм изделий. Благодаря использованию уже не общих, а специальных свойств различных конструктивных вариантов и компоновок координатных систем удается повысить точность формообразования деталей, относящихся к этому классу.

Итак, основная причина ограниченной универсальности наиболее совершенных из современных станков с ЧПУ — недостаточная точность их как преобразователей геометрической информации. Рассмотрим особенности внутреннего строения данных преобразователей.

Функция преобразования заданной геометрической информации из символического в естественный вид реализуется в металлорежущих станках с помощью *универсального* (относительно формы изделия) *координатного метода*. Направляющие и подшипники станков являются *эталоном координатных осей* (прямоугольных и полярных координат соответственно), а отсчетные шкалы — *эталоном длин и углов поворота относительно осей*. Геометрическая информация считывается с этих эталонов перемещающимися относительно их элементами (скользящими по направляющим каретками и столами, вращающимися в подшипниках шпинделями и т. д.). *Сложение информации*, считываемой с отдельных осей, достигается благодаря тому, что конструктивно обеспечена подвижность осей относительно друг друга без изменения их абсолютной пространственной ориентации (каждая ось перемещается параллельно самой себе). Очевидно, что предельная точность преобразования геометрической информации в естественный вид во всех случаях не может превосходить точности использованных для преобразования эталонов. Для обеспечения универсальности станков по параметру формы их эталоны организуются в координатную систему, исходная погрешность которой ограничивает сверху точность всего преобразователя.

Среди всех созданных к настоящему времени преобразователей наиболее точные координатные системы закладываются в так называемые КИМ — координатно-измерительные машины. Однако и в этих машинах имеются области рабочего пространства, в которых абсолютная погрешность преобразования достигает десятков и даже сотен микрометров. (Эти данные получены в результате обследования координатно-

измерительных машин, проведенного в Великобритании [5].) И так, даже самые прецизионные из современных координатных систем не могли бы обеспечить универсальность формообразующей машины по точности. Чем же вызваны такие величины погрешностей в этих системах?

Координатная система состоит из эталонов осей и эталонов длин (или углов поворота), по которым отсчитываются перемещения относительно осей. Погрешность эталонов перемещений на современных КИМ составляет не более единиц микрометров. Следовательно, основным источником полной пространственной погрешности КИМов является *недостаточная точность эталонов осей* — направляющих.

В настоящее время точность изготовления направляющих координатно-измерительных машин весьма близка к объективному пределу, который определяется флуктуациями физических условий — температуры, весовых нагрузок и т. д. — в процессе изготовления. Однако когда этот «сверхпрецизионный» эталон устанавливается в машину, то под действием веса перемещающихся по нему элементов он деформируется, изгибается на десятки микрометров, теряя свою прямолинейность и перпендикулярность относительно других эталонов. Естественное, казалось бы, решение — сделать эталон более массивным и жестким — пригодно только для неподвижных, закрепленных на основании машины эталонов. Увеличение массы подвижных эталонов увеличивает инерционные нагрузки на них самих и весовые нагрузки на эталоны, по которым перемещаются эти утяжеленные элементы, т. е. не может устранить погрешность.

В металлорежущих станках на эталоны координатных осей, помимо нагрузок от веса подвижных частей, действуют возмущения от сил резания, а также от различных источников тепла, вызывающие температурные деформации. В результате погрешности преобразования примерно на порядок больше, чем в КИМ, даже при одинаковой исходной точности эталонов.

Простой перебор показывает, что известные в настоящее время конструкционные материалы не обладают физическими константами (модулем упругости и коэффициентом линейного расширения), позволяющими снизить деформации эталонов до такого уровня, который бы обеспечивал универсальность преобразователя по точности.

Очевидно, для требуемого повышения точности необходимо какое-то принципиально новое конструктивное решение координатной системы, свободное от физических огра-

ничений применяемого в настоящее время решения. Сформулируем основные требования к новому решению: 1) исходная погрешность формы эталонов осей должна быть менее одного микрометра; 2) эталоны не должны искажаться под действием сил инерции, механических и тепловых возмущений.

Среди известных физических объектов совокупности указанных требований удовлетворяют, например, *лучевые* эталоны осей. В качестве источника света можно использовать лазер, что обеспечит малую расходимость луча, а также дополнительную возможность применить его одновременно и как эталон длины (используя волновую природу света, можно получить эталон с погрешностью, существенно меньшей микрометра).

При использовании подобных высокоточных и, что более важно, сохраняющих свою точность эталонов точность преобразователя будет лимитироваться только его динамической погрешностью. Эта погрешность зависит от динамического качества привода подвижных элементов преобразователя, массы и моментов инерции этих элементов, а также от уровня внешних по отношению к преобразователю возмущений, главным источником которых является процесс преобразования материала.

Итак, последовательный переход от самых общих к более частным, но целостным системам рассмотрения и анализ их с помощью введенного понятийного аппарата привел нас к формулировке инженерных задач, которые можно рассматривать как новую концепцию развития формообразующих машин в металлообработке. Укрупненно она состоит из трех направлений:

1. Создание эталонов координатных осей, исходная погрешность которых составляла бы порядка одного микрометра по всей длине оси и не изменялась во время работы машины.

2. Создание основных элементов преобразователя (привода и подвижных узлов), обеспечивающих динамическую погрешность порядка 1 мкм.

3. Разработка методов и средств преобразования материала, изменяющего его форму, которые бы вносили минимальные динамические возмущения в работу преобразователя геометрической информации (разделение процессов преобразования {материала и информации}).

В заключение можно предположить, что приведенный в работе понятийный аппарат и методология могут быть ис-

пользованы для решения задач управления техническим прогрессом и в любых других отраслях, в основе которых лежит технология формообразования, — от швейного дела до строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артоболевский И. И.* Теория машин и механизмов. М.: Наука, 1975. 640 с.
2. *Смирнов А. И.* Анализ перспектив развития методов формообразования в машиностроении. М.: НИИмаш, 1982. 50 с.
3. *Львов Д. С.* Основы экономического проектирования машин. М.: Экономика, 1966. 296 с.
4. *Грубман С. А., Смирнов А. И., Ячменева И. А.* Экономический и технический аспекты применения станков с ЧПУ. М.: НИИмаш, 1982. 60 с.
5. Measurement and Inspection Technology, 1982, vol 4, N 10, p. 31—32.

СИСТЕМНЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Е. А. ПАРХОМОВСКИЙ, В. В. ШЕВЧЕНКО

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Изделия, предназначенные для использования в технике (машины, приборы, инструменты, их детали и т. п.), имеют технико-экономические свойства: функциональные, конструктивные, эксплуатационные, стоимостные. Стандартного описания этих свойств технических изделий (ТИ) всегда казалось достаточно для исчерпывающей характеристики изделий. Однако в последние десятилетия все чаще и активнее начинают интересоваться не совсем обычными свойствами изделий: «эффективностью», «перспективностью», «качеством», «техническим уровнем» и т. п. [2, 3, 4, 9, 11, 13]. Это характеристики «технического совершенства» ТИ, которые используются при управлении их развитием. Квалиметрия [1, 5] пытается определить их, свертывая множество именованных чисел — значений технических параметров — в единственный числовой индикатор «совершенства». Такая свертка не однозначна [8, 10]. Однако если характеристика совершенства ТИ выражена через значения параметров и если она действительно используется в управлении, то фактически она определяет дальнейшее развитие изделий. Измерение означает здесь целеполагание. И хотя мы не можем узнать локально, лучше или хуже изделие А изделия Б, не зная, в каком направлении должна развиваться техника интегрально, локальная проблема считается разрешимой. Поэтому не будет преувеличением утверждать, что в измерении характеристик технического совершенства ТИ сосредоточены сегодня наиболее принципиальные проблемы управления отраслевой наукой.

Мы рассмотрим преломление этой проблематики в задачах управления номенклатурой (УН) — формирования оптимального состава продукции отрасли. Проблема обсуждается на материале изделий электронной техники. Однако развиваемые здесь представления могут оказаться полезными всюду, где актуальны методологические проблемы управления развитием комплектующей продукции.

Практическая важность задачи УН очевидна. Вся деятельность отрасли направлена в конечном счете на совершенствование выходной продукции и в оценках ее совершенства

находит критерии качества своей работы. Поэтому основные формы решения задач УН интенсивно стандартизируются. Существуют отраслевые методики и руководящие материалы, формализующие различные аспекты решаемых при этом задач: прогнозирование роста значений важнейших технических параметров, оценка технического уровня изделий и групп изделий, оптимизация значений параметров новых разработок на основе «параметрических рядов». Нет недостатка и в проектах улучшения действующих методик. Как правило, такие работы проводятся с использованием самых современных средств математики, привлечением новейших разделов теории решений — словом, ориентированы на развитие технических средств решения проблемы (в качестве типичных укажем работы [7, 9, 15]). Однако само разнообразие предлагаемых подходов косвенно указывает на некоторую неопределенность в самой постановке задачи измерения технического совершенства ТИ.

Все чаще в отраслевой методической литературе признается, что трудности применения точных методов к решению задач управления носят не технический (оснащенность вычислительной техникой, доступность фактографической информации) и не математический (неразработанность соответствующих разделов математики), а концептуальный, понятийный характер [12]. Проблема адекватности квалиметрических оценок коренится глубже, чем в выборе подходящего логико-математического формализма. И заключается она, на наш взгляд, в прояснении природы тех свойств, которые квалиметрия пытается определить в изделиях. Последнее крайне затрудняется отсутствием общей теории развития техники, понимания логики и закономерности развития технических объектов. На это указывают именно практически ориентированные работы [6, 14]. В этих условиях любая принципиальная постановка проблем управления отраслевой наукой выводит к вопросам весьма высокой общности: исследователь обнаруживает себя на ничейной территории «междисциплинарных исследований», где системному анализу не находится альтернатив.

В этой работе мы попытаемся прояснить проблематику управления отраслевой наукой, отождествив искомые квалиметрические свойства ТИ с их системными свойствами, т. е. выводя показатели совершенства ТИ из отношений части к целому. Мы предполагаем, что те самые системные свойства, которые делают невозможным существование обособленных изделий и собирают их в группы, которые объединяют совокупности изделий «изнутри», и представляют собой соб-

ственно квалиметрические их свойства, обнаруживающиеся в управлении. Следовательно, основным содержанием работы является подведение продукции отраслевой науки под понятия общей теории систем. Ниже мы попытаемся извлечь практические выводы, следующие из признания группы ТИ системой.

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРОЙ

Управление развитием совокупностей ТИ сводится в конечном счете к контролю и регулированию их качественного и количественного состава — номенклатуры. Целью управления номенклатурой является удовлетворение перспективных потребностей заказчиков наименьшим многообразием производимых изделий.

Перспективная потребность в изделиях выявляется в форме заявок отраслей-потребителей на разработку новых типов изделий. Выявленная таким образом перспективная потребность представляет собой перечень подлежащих реализации технических функций, расписанных по конкретным изделиям некоторым случайным, во всяком случае неоптимальным, способом. Постановка проблемы оптимизации номенклатуры основывается на принципиальной возможности покрыть заявленную потребность различными наборами типов изделий; оптимальным считается способ, дающий минимальную номенклатуру производимых изделий.

Основным типом решений, определяющим степень оптимальности номенклатуры ТИ на стадии планирования разработок, является техническая экспертиза изделий — заключение о целесообразности разработки с заданными параметрами в заданный срок. Технической экспертизе подлежат как отдельные проекты (заявки, технические задания на разработки), так и своды проектов (сводные заявки, программы, годовые и пятилетние планы). В обоих случаях контрольными переменными служат параметры и сроки разработки изделий. Решения, принимаемые в результате технической экспертизы, фактически определяют качественный состав продукции отрасли на много лет вперед. Поэтому заключения о технической целесообразности реализации проектов имеют смысл долгосрочного прогноза — утверждения об отдаленном и трудноизмеримом эффекте его использования у всех потенциальных потребителей. Ответственность и неочевидность такого решения предъявляют исключительно высокие требования к уровню его научной обоснованности.

При системной постановке задач УН единственно корректным способом их решения является отнесение оцениваемого

изделия ко всей совокупности родственных ему — существующих и разрабатываемых — изделий. Наиболее общий смысл технической экспертизы ТИ — отнесение части к целому. Такое понимание задачи технической экспертизы просматривается в наличной практике ее проведения. Предполагается совершенно естественным, что для оценки каждого изделия нужна информация о всех изделиях того же принципа действия и функционального назначения. Поэтому данные об изделиях собираются в таблицы их параметрических описаний, которые группируются по расчленениям номенклатуры изделий.

Таблицы параметрических описаний групп изделий представляют собой стандартные числовые матрицы размерностью $M \times N$, где N — количество типов изделий, M — количество их технических параметров; изделия помечаются временем окончания их разработки. Развитие группы ТИ выражается в изменении состава строк параметрического описания: в процессах планирования вписываются новые строки-изделия, в мероприятиях по снятию с производства вычеркиваются наличные строки. Процесс обновления номенклатуры регламентируется стандартными методиками. Новые строки добавляются только в том случае, если установлено, что предлагаемое к разработке изделие, во-первых, находится на достаточно высоком «техническом уровне» и, во-вторых, не является «избыточным», т. е. не дублирует уже наличное изделие. Поэтому задачей квалиметрии является интегрирование информации по строкам параметрических описаний — замена строки-вектора одним числом, характеризующим обобщенное качество ТИ. Задачи прогнозирования и параметрической стандартизации интегрируют информацию по вертикальному измерению параметрических описаний — столбцам таблицы при заполнении ее новых строк. Задача состоит в том, чтобы понять все эти измерения как взаимосвязанные: учитывать при решении вопроса о существовании или несуществовании отдельных строк информацию, содержащуюся в таблице в целом.

Качеством ТИ называется некоторая функция его параметров, по значениям которой изделия могут сравниваться между собой как более или менее совершенные в смысле соответствия некоторой определенной цели. Обычно эта цель понимается как лежащая вне системы самих изделий. При управлении качеством, например, последнее определяется как способность изделия функционировать в соответствии со своим назначением. Такое понимание качества, вообще говоря, ставит его оценку в зависимость от получения труд-

но доступной (а для новых разработок и несуществующей) информации из сферы применения и эксплуатации изделий. Это ориентирует специалистов по управлению номенклатурой на весьма широкое и мало определенное по объему изучение запросов и оценок потребителей. Информация, содержащаяся в параметрических описаниях групп изделий, считается принципиально недостаточной для проведения технической экспертизы новых разработок.

Однако возможно иное понимание качества, позволяющее более эффективно использовать информацию, содержащуюся в значениях параметров самих изделий. Таково развиваемое ниже понимание качества изделия как меры его соответствия потребностям развития всех изделий того же вида, в соответствии с которым качество каждого изделия определяется его местом в системе всех изделий того же вида. Несмотря на общесистемную очевидность такой постановки задачи, она имеет не совсем очевидные и практически значимые следствия.

ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРОЙ

Фиксировать совокупность ТИ в качестве системы — значит утверждать, что она является объектом, внутренне организованным. Уточним поэтому наши исходные представления об организованности групп ТИ. Первоначальным выражением организованности любой совокупности изделий является ее расчлененность на множества подобных и различных элементов. Поэтому проблема системного представления таких совокупностей является прежде всего проблемой классификации. В каждой отрасли техники существует множество классификаторов продукции, определяющих своего рода системы. Однако нам нужна классификация в некотором смысле единственная — «естественная», а именно: поскольку мы определяем отраслевую продукцию как развивающуюся, нужны такие ее расчленения, которые обнаруживаются в процессе ее развития.

Целое всех ТИ определенного рода эмпирически дано в совокупности производимых и функционирующих вещей, каждая из которых материализует определенную техническую функцию (ТФ). Соответствие между ТИ и ТФ устанавливается параметрическим описанием изделия, представляющим собой множество именованных чисел — значений параметров. Естественно, что мера сходства ТИ с точкой зрения потребителя характеризуется взаимозаменяемостью изделий на некотором классе ТФ. Взаимозаменяемость ТИ на универсальном классе ТФ дает классы эквивалентности, пред-

ставляющие собой экземпляры изделий одного типа. В общем случае любые два экземпляра одной вещи фактически отличаются значениями хотя бы некоторых параметров вследствие их неустраняемого разброса. Однако эти различия игнорируются техническим описанием изделий — экземпляры отличаются только заводскими номерами. Эти различия игнорируются также существованием специальных запретов на отбор экземпляров по значениям параметров; считаются идентичными и экземпляры различного времени изготовления. Это означает, что на нижнем уровне расчленения совокупностей ТИ, на котором они являются конкретными вещами, они отличаются только нумерическим различием тождественных экземпляров. Всякие иные различия отрицаются. При переходе этих реальных различий на уровень значимых различий изделия квалифицируются как производственный брак. Поэтому различия экземпляра не являются фактором развития. Проверка экземпляра на соответствие техническому описанию осуществляется в системе выходного контроля. Это единственный вид управления, о котором можно говорить применительно к экземпляру.

Множество экземпляров, не различимых на универсальном классе ТФ, составляет тип изделия. Тип в технике является первой общностью, представляющей совокупность вещей. Поскольку тип характеризуется численностью экземпляров и поскольку эта численность меняется во времени — тип ТИ обнаруживает способность к экстенсивному развитию, то управление развитием ТИ начинается именно на этом уровне и осуществляется формированием объемных планов производства. К уровню типа относятся также все процедуры управления качеством продукции, опирающиеся на оценку и регулирование качества отдельного изделия.

Задачи управления качеством и УН начинают разделяться только с переходом от уровня типов к более высокому уровню укрупнения изделий. Определим этот уровень, опираясь на то же правило установления подобия ТИ — выраженную через параметрическое описание изделий их взаимозаменяемость на определенном классе ТФ. Множество типов ТИ, не различимых по составу контролируемых технических параметров, составляет вид ТИ. Содержательным основанием общности параметрического описания изделий одного вида является общность их происхождения (конструктивно-технологических признаков) и функционального назначения. Логическим основанием общности является частичная взаимозаменяемость типов ТИ в некоторой сфере производства и применения, выражающаяся со стороны производителя в возмож-

ности реализации различных типов ТИ в одной и той же системе разработки и производства; со стороны потребителя — в возможности использования различных типов ТИ для удовлетворения одних и тех же потребностей.

Полностью взаимозаменяемые изделия могут сосуществовать только как экземпляры одного типа; полностью невзаимозаменяемые изделия могут сосуществовать только как типы различных видов; следовательно, все изделия одного типа частично взаимозаменяемы. Частичная взаимозаменяемость изделий одного вида служит основанием общности, выделяющей вид, — системообразующим отношением.

В отличие от типа вид ТИ состоит из различных и меняющихся со временем свой состав элементов. Поэтому интенсивное развитие техники может протекать лишь на уровне видов и более высоких группировок ТИ. Высокое качество отдельных изделий, которое является целью управления качеством продукции, является необходимым, но недостаточным условием высокого качества группы ТИ, поскольку оно не исключает ни избыточности, ни функциональной неполноты номенклатуры. Поэтому качество номенклатуры, понимаемое как способность группы ТИ удовлетворять перспективную потребность наименьшим многообразием изделий, может рассматриваться только на уровне вида ТИ.

Происходящий на уровне вида переход тождества (экземпляров) в подобие (типов) создает возможность оптимизации номенклатуры. Он позволяет экономить на том обстоятельстве, что произвести еще один экземпляр изделия много проще, чем произвести еще один тип. Выяснение условий, при которых такая замена возможна, и является задачей методологии оптимизации номенклатуры ТИ.

Таким образом, мы выделили уровень, к которому относятся задачи УН ТИ. Наименьшей единицей техники, способной к развитию и доступной управлению по номенклатуре, является вид ТИ — множество изделий, связанных общностью происхождения и на этом основании единством информационного образа. Это система «популяционного типа». Все группировки более высокого уровня укрупнения могут быть получены из видов ТИ, связываемых отношениями конкуренции или взаимного дополнения. Следовательно, вид ТИ должен быть основным предметом теории, нацеленной на выявление закономерностей развития совокупностей ТИ.

Полученной иерархической классификацией выражаются некоторые общие структурные свойства отраслевой продукции как целого, а именно; по мере расчленения исходной целостности возрастает количество групп одного уровня, чис-

ленность элементов групп, качественная соизмеримость элементов групп и изменчивость численности групп по времени. Естественно, что в этом же направлении повышается «управляемость» группировок ТИ и применимость формализованных методов к решению задач управления их развитием.

ОБЩЕСИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ВИДА ТИ

Развитие вида ТИ происходит за счет обновления номенклатуры, т. е. направленного во времени замещения одних типов изделий другими. Рассмотрим элементарный акт развития вида — появление нового типа ТИ — более подробно (рис. 1). Каждый новый тип изделия данного вида является, во-первых, «наследником» некоторого уже существующего изделия, улучшенным переизданием и потенциальным заместителем которого он призван быть. Это отношение генетическое, оно связывает разделенные временем функциональные аналоги, сходящиеся в конечном счете к исходному базовому образцу. Во-вторых, каждый новый тип изделия является «конкурентом» некоторых других, частично взаимозаменяемых изделий, с которыми он должен сосуществовать. Если порождать друг друга могут лишь функционально сходные, то сосуществовать, напротив, могут лишь функционально различные типы изделий. Первое отношение основано на принципе качественного сходства, второе — на принципе качественного различия.

Поэтому для оценки «полезности» каждой новой разработки необходимо из совокупности отношений, в которые она вступает с существующими и разрабатываемыми изделиями, выделить два типа отношений, действующих противоположно, но в совокупности являющихся системообразующими, а именно отношения:

последовательности (порождения, смены, наследования признаков), т. е. качественного подобия признаков при их количественном различии;

сосуществования (конкуренции, замены, несовместимости), т. е. качественного различия признаков при их количественном подобии.

Таким образом, процесс развития в каждом своем элементарном акте подчинен двум системообразующим принципам, каждый из которых представляет запрет на дублирование. Основанием для появления каждого нового типа изделия является достижение «достаточного различия»: новое изделие должно достаточно заметно отличаться как от своего аналога-предшественника, так и от соседа-конкурента.

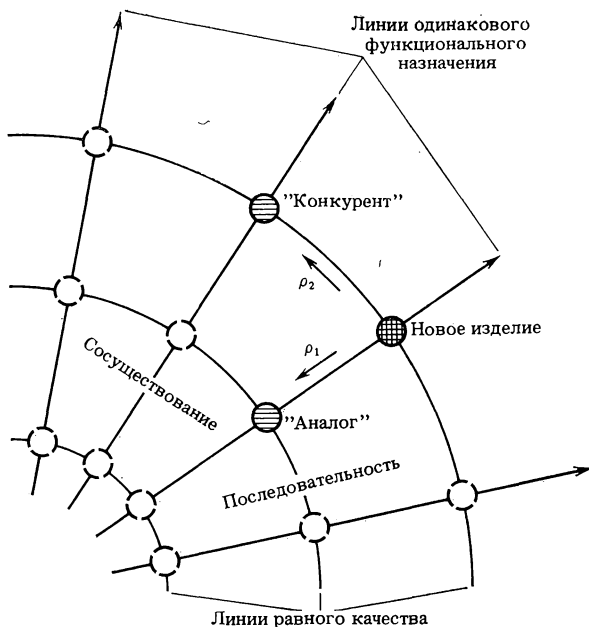


Рис. 1. Системообразующие отношения в виде технических изделий

В модели, объединяющей производство изделий с их потреблением, носителями этих двух принципов становятся ее противоположные стороны:

производитель изделия с целью реализации преимуществ массового производства унифицированной продукции стремится обеспечить наибольшую качественную однородность продукции, т. е. максимизировать ρ_2 ; вместе с тем для минимизации риска и себестоимости работы он заинтересован в занижении ρ_1 ;

— потребитель изделия с целью обеспечить себе возможность наибольшего выбора стремится к неограниченному многообразию типов изделий, т. е. минимизирует ρ_2 ; с другой стороны, он заинтересован в повышении качества продукции, т. е. в повышении ρ_1 .

Каждое изделие по значениям своих параметров есть выражение противонаправленных стратегий потребителя и производителя и, следовательно, является продуктом компромисса. Обобщенным выражением этого компромисса являются значения ρ_1 и ρ_2 , определяемые из условий оптимального развития вида. Уточним поэтому смысл этих показателей.

Поскольку изменения, происходящие с видом, являются процессом целенаправленного совершенствования, то для каждого вида ТИ должна существовать функция параметров, характеризующая его качество, по значениям которой каждое последующее (по циклу разработки) изделие превосходит все предшествующие изделия. Если Б «позже» А, то Б «лучше» А по значению этой функции. Только при выполнении этого условия появление каждого нового типа изделия, как элементарный акт развития, представляет собой акт совершенствования системы в целом.

Из нашего определения качества следует, что изделия одного цикла разработки имеют равное, с точностью до некоторого разброса, качество. На нашей схеме внутривидовых отношений (см. рис. 1) такие изделия лежат на одной линии — изоквали. Собственно развитие протекает по градиенту изоквали; мерой такого развития является значение ρ_1 . В проекции на изокваль все различия между изделиями становятся различиями функционального назначения и содержат в себе информацию о структуре потребления. В проекции на градиент изоквали все различия изделий есть различия только в уровне производства.

В дальнейшем будем говорить только о том аспекте качества, которое полностью определяется значениями технических параметров изделия и называется его техническим уровнем. Изделия равного технического уровня эквивалентны в том специальном смысле, что в каждый момент времени реализуют собой предельные возможности системы разработки и производства изделий. В этом смысле они взаимозаменяемы: при одних и тех же ограничениях на возможности разработки и производства разработчик нового типа изделия располагает не одним, а некоторым множеством различных технических решений, геометрическим местом которых является изокваль. Поэтому она имеет смысл структурной характеристики вида ТИ.

Таков общесистемный эскиз развивающегося вида. Используемая нами схема фиксации развивающегося вида (см. рис. 1) есть не более чем весьма условная «единораздельная целость», которая может быть наложена на любое растущее многообразие. Однако именно ввиду наглядного выражения весьма общих отношений она может служить ориентиром при выявлении структуры вида, средством внутреннего расчленения системы по линиям эквивалентности и упорядоченности ее элементов, изображением эквивалентности изделий по качеству в синхронном и упорядочен-

ности изделий по качеству — в диахронном сечении вида. Она определяет основные условия взаимозаменяемости изделий по функциональному назначению. Для перехода к количественным характеристикам качества изделий необходимо определить эту обобщенную квалиметрическую форму через значения параметров ТИ.

ВИД ИЗДЕЛИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Из определения вида следует, что составляющие его изделия можно рассматривать в пространстве ТФ, образованном множеством их технических параметров. Это пространство рабочих процессов, размеренное шкалами измерительных приборов, — одномерных ТФ. Каждой точке такого пространства соответствует потенциальное изделие. Однако различия точек функционального пространства являются различием ТФ, а не ТИ, меру различия которых требуется определить. Заранее известно только, что экземпляры одного типа ТИ позволяют реализовать не одну, а некоторое множество ТФ, так что типу ТИ в пространстве ТФ соответствует не точка, а некоторое множество точек, которое назовем покрытием изделия.

Особенностью технических изделий является наличие в их описании параметров, увеличение или уменьшение значений которых семантически означает их улучшение. Учитывая возможность взять для каждого значения параметра обратную ему величину, преобразуем все такие параметры к одной форме: чем больше значение параметра, тем лучше. Назовем такую форму мажорируемой; в дальнейшем будем рассматривать только мажорируемые параметры.

На каждом таком параметре определено исходное ценностное отношение: «если $X^a > X^b$, то изделие А, при прочих равных условиях, лучше изделия Б». Требуется определить это отношение на всех мажорируемых параметрах таким образом, чтобы, во-первых, выразить качество изделия через отношение к другим изделиям того же вида и, во-вторых, получить совпадающие разбиения ТИ по качеству и циклам разработки.

Возьмем двухпараметрическое пространство ТФ, в котором изделие полностью определяется значениями только двух мажорируемых параметров: X_1 и X_2 (рис. 2), и определим его квалиметрическую форму. Из определения мажорируемости следует, что точка А, соответствующая некоторому типу изделия, разделяет все множество возможных в этом



Рис. 2. Техническое изделие в пространстве технических функций (к определению меры качества изделий)

пространстве других изделий на четыре квалиметрически различных подмножества:

O_1 — область, внутри которой все возможные изделия хуже изделия А по значениям обоих параметров;

O_2 — область, внутри которой все возможные изделия лучше изделия А по значениям обоих параметров;

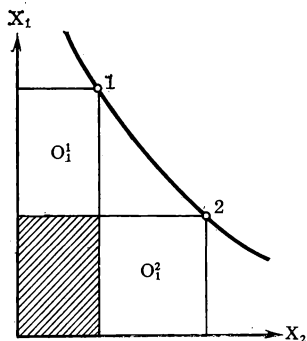
O_3 — область, внутри которой все возможные изделия хуже изделия А по значению X_2 и лучше по значению X_1 ;

O_4 — область, внутри которой все изделия хуже А по значению X_1 и лучше по значению параметра X_2 .

Отсюда следует, что область O_1 — покрытие типа А — может служить исходной мерой качества изделия А. С одной стороны, она характеризует множество ТФ, которые способны выполнять экземпляры типа А, т. е. качество со стороны потребителя. С другой стороны, она представляет собой «жизненное пространство» типа А, внутри которого А является наилучшим и потому делает излишним существование других типов изделий, т. е. характеризует качество со стороны производителя, заинтересованного в минимальном разнообразии типов ТИ. Следовательно, покрытие O_1 типа А характеризует как его технические возможности, так и способность к замещению других типов ТИ. Для того чтобы сделать размеры покрытия мерой качества типов ТИ, достаточно обеспечить равноценность всех точек функционального пространства по различным его измерениям взвешиванием относительной значимости различных параметров. Тогда функцию качества $Q(X_1, X_2)$ изделия вида (X_1, X_2) можно определить как произведение параметров: $Q(X_1, X_2) = X_1 \cdot X_2$, где X_1 и X_2 — взвешенные параметры.

Перейдем к характеристикам качества вида ТИ. Заметим, что изделие А не образует устойчивой системы ни с одним из изделий, расположенных в областях O_1 и O_2 , поскольку одно из двух таких изделий будет заведомо излишним. Такие изделия сосуществуют лишь постольку, поскольку процесс замещения, происходящий на уровне замены экземпляров, занимает конечное время. Устойчивую систему с А могут образовать только изделия, находящиеся в O_3 или O_4 .

Рис. 3. Отношение частичного замещения в пространстве технических функций (к определению меры качества номенклатуры)



Возьмем «минимальный вид» — два типа ТИ, ни один из которых не замещает полностью другого (рис. 3). При понимании качества как меры множества ТФ объединение покрытий типов ТИ характеризует технические возможности вида (т. е. качество вида с точки зрения потребителя), а их пересечение — качество его номенклатуры (т. е. качество вида с точки зрения производителя). Действительно, в области, общей двум изделиям (на рис. 3 она заштрихована), они взаимозаменяемы. Чем больше пересечение, тем избыточней номенклатура, что позволяет использовать пересечение покрытий для оценки качества номенклатуры. Чтобы перевести площадь пересечения в показатель оптимальности номенклатуры, достаточно сделать ее относительной — отнесенной к общей площади, занятой видом.

При этих условиях изделия равного качества должны иметь в двухпараметрическом пространстве равные площади. Соответствующая им изокваль $X_1 X_2 = \text{const}$ будет гиперболой, поскольку условие равенства площадей определяет равностороннюю гиперболу. Гиперболическая форма изоквали выражает наличие ограничений на возможность создания ТИ, выражающихся в том, что улучшение значения одного мажорируемого параметра приводит к закономерному ухудшению другого. Вместе с тем она характеризует взаимозаменяемость ТИ с точки зрения производителя.

Развитие вида возможно только за счет снятия ограничений на сочетаемость значений параметров, точнее, за счет сдвига этих ограничений в область все более высоких значений константы, определяющей изокваль. Поскольку это связано со смещением изоквали в направлении от начала координат, то местом изоквали в пространстве ТФ можно характеризовать уровень технического развития вида.

Таким образом, анализ квалиметрической формы пространства ТФ позволяет определить через значения технических параметров меру различия изделий по осям ρ_1 и ρ_2 общесистемной модели вида (см. рис. 1). Мерой различия изделий по оси ρ_1 (видового времени или качества) может служить

разность их площадей (в общем случае — разность многомерных функциональных объемов) в пространстве ТФ. Мерой различия изделий по оси ρ_2 или по функциональному назначению может служить отношение объединения функциональных объемов сравниваемых изделий к пересечению этих объемов.

Однако для преобразования функционального пространства в метризованное квалиметрическое пространство необходимо выполнение некоторых условий. О первом из них уже упоминалось: чтобы измерять качество ТИ их многомерными функциональными объемами, необходимо либо признание равноценности всех параметров, либо выравнивание их ценности путем взвешивания относительной значимости различных параметров. Вторым условием построения квалиметрических шкал является учет принципиально логарифмического характера элементарной функции качества ТИ. Квалиметрически значимо не абсолютное, а относительное — отнесенное к уже достигнутой величине — значение технического параметра: качество пропорционально логарифму количества. Отсюда следует закон распределения ТИ по значениям важнейших параметров и необходимость логарифмирования параметров при построении квалиметрических шкал. Это превращает видовые изоквали в прямые. Но этим решается, хотя бы частично, проблема построения соизмеримых, т. е. безразмерных, шкал; неравнозначность отдельных параметров может быть переведена в различие оснований логарифмирования.

При выполнении этих условий существует пространство, в котором внутренняя организованность вида ТИ выражается в наличии изоквали, а закономерность его развития выражается в параллельном сдвиге изоквали от начала координат. Это позволяет оценивать качество отдельного ТИ относительно семейства видовых изоквалей.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Последним условием получения количественных мер качества является признание статистической природы развития видов ТИ, из которого следует, что описанная выше форма организованности вида ТИ может выполняться только статистически.

В развивающемся виде ТИ необходимо различать два относительно автономных уровня организации. На одном из них, а именно на уровне типов ТИ, параметры изделий меняют свои значения случайным и независимым образом. На другом, более глубоком уровне, а именно на уровне вида в це-

лом, эти случайные изменения детерминированы законами распределений ТИ по значениям параметров. Выделенная выше квалиметрическая форма относится именно к этому уровню и описывается параметрами многомерных распределений. Именно сохранение этой формы при смене элементов гарантирует внутреннюю организованность вида и, с другой стороны, открывает возможность оптимизации номенклатуры — сохранение одного и того же видового качества в различных наборах конкретных типов ТИ. Поэтому параметры многомерных распределений изделий по значениям параметров имеют по отношению к типам ТИ смысл структуры, приписанный ранее изоквали.

Возможность использования методов многомерного статистического анализа для выявления квалиметрической формы вида ТИ следует из допустимости квалиметрической интерпретации уравнений регрессии. Иллюстрируем эту возможность для двумерного случая на рис. 3. Если мажорируемые параметры X_1 и X_2 статистически взаимозависимы, то соответствующие им типы изделий одного цикла разработки вытянутся (с некоторым разбросом, о значении которого будет сказано ниже) вдоль линии ортогональной регрессии. Эта линия, будучи геометрическим местом средних по значениям обоих параметров изделий, разделяет все реализованные типы изделий на два квалиметрически различных подмножества: выше и ниже среднего уровня. Поэтому отклонение типов ТИ от линии регрессии, будучи пропорционально функциональному объему изделия, может характеризовать его технический уровень. Линия регрессии параметров друг на друга получает смысл изоквали.

Определение изоквали развивающегося вида ТИ можно производить методами множественной регрессии важнейших параметров ТИ на время окончания их разработки T . Стохастическое уравнение, связывающее X с T , называется динамической моделью вида ТИ.

Динамическая модель позволяет по значениям важнейших параметров типа ТИ установить наиболее вероятное (соответствующее сложившимся тенденциям развития всех изделий того же вида) время его появления T^* . Это время соответствует среднему техническому уровню разработки, которое может отличаться от фактического (для новых разработок — планового) времени появления изделия. Поэтому разность $T^* - T$, взятая с учетом знака, а также с учетом статистической неопределенности модели, может характеризовать технический уровень изделия относительно средневидовых темпов развития всех изделий того же типа. Техничес-

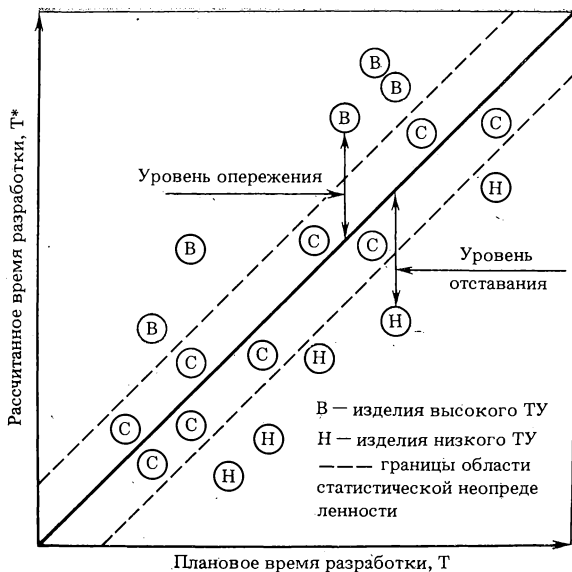


Рис. 4. Квалиграмма вида технических изделий

кий уровень измеряется в годах. Он равен ошибке, которую мы допускаем, предполагая изделие «средним».

Результаты анализа технического уровня ТИ методами множественной регрессии удобно представлять в форме видовой квалиграммы — диаграммы, на горизонтальной оси которой нанесено плановое (для законченных разработок — фактическое), а на вертикальной — предсказанное по динамической модели время появления изделий (рис. 4). Биссектриса прямого угла $T = T^*$ служит геометрическим местом точек, средних по значениям всех своих параметров изделий, — так располагались бы разработки, если бы все они были проведены на одном, а именно на среднем, техническом уровне. Поэтому отклонение от этой линии характеризует уровень конкретного типа ТИ.

Технический уровень каждого изделия раскладывается, таким образом, на две составляющие. Линия $T = T^*$ отражает рост уровня всех разработок данного вида за счет подъема уровня производства (материалов, технологии, оборудования и т. п. факторов). Этот общий уровень имеется в виду, когда об изделии говорят «образец такого-то года». Однако фактически разработка 1985 г. может быть проведена «на уровне» как 1990, так и 1980 г., отклоняясь от общей тенденции развития всех изделий того же вида. Это отклоне-

ние, характеризующее индивидуальные особенности данной конкретной разработки, и представляет собой, собственно, ее «технический уровень», считываемый с квалиграммы.

Степень достоверности заключения о техническом уровне разработки можно оценить, сравнивая отклонение ($T^* - T$) с уровнем среднеквадратичной ошибки уравнения регрессии.

Динамическая модель выделяет во множестве технических параметров изделий подмножество тех параметров, значения которых коррелируют со временем. Оставшиеся параметры, определяющие различия ТИ по функциональному назначению, должны связываться структурной моделью вида ТИ, служащей для определения «избыточности» или «функциональной новизны» изделий. На основе структурной модели может устанавливаться метрика изоквали как масштаба взаимосвязанных параметрических рядов ТИ.

Таким образом, использование статистического моделирования позволяет переосмыслить и сблизить задачи квалиметрии, прогнозирования и параметрической стандартизации, обеспечив единую логику управления номенклатурой ТИ на всех уровнях управления и стадиях существования продукции. В методологическом плане важна интегративная форма рассмотренных моделей, позволяющая превратить их в обобщенный информационный образ групп ТИ — форму, в которой отслеживаются тенденции развития продукции отрасли и устанавливаются контрольные цифры ее развития.

* * *

Предложенные модели опробованы на ряде видов изделий электронной техники и показали обнадеживающие — статистически значимые и содержательно правдоподобные — результаты. Они подтверждают основное исходное предположение: внутренняя организованность ТИ существует и выразима средствами многомерного статистического анализа. Однако на пути превращения этих моделей в рабочий инструмент управления имеются трудности, в том числе весьма принципиальные, заключающиеся в подтверждении их состоятельности — адекватности целям управления.

Эффективность новых методов оценки ТИ не может быть показана на «примерах». Подтверждение оценок типа «технический уровень» изделия нельзя искать в «опытных данных» — это ценностные утверждения, не данные в непосредственном опыте. Нельзя понимать под эмпирическим подтверждением квалиметрических процедур и согласие с мнением экспертов, поскольку новые методы создаются как альтер-

натива экспертным и претендуют на большую, чем ожидаемая от экспертов, объективность и информативность оценок. Нельзя надеяться и на подтверждение оценок реальным развитием ТИ: они имеют смысл долговременного прогноза, достоверность которого либо вообще не может быть установлена, по необозримости разнообразных последствий, либо устанавливается лишь по истечении длительного срока.

В этих условиях обращение к средствам системного анализа остается единственным способом не только построения новых методик, но и анализа их состоятельности: рассчитывать можно только на концептуальную ясность и связность понятийного аппарата. Наш подход претендует на прояснение общесистемной формы проблем УН ТИ, и именно в этом качестве подлежит обсуждению.

Если вид изделий развивается, то существует некоторое обобщенное квалиметрическое пространство — схема внутренней координации всех изделий этого вида — такое, что качество каждого отдельного изделия определяется его местом в системе целого. Это схема «естественных мест», хронотоп, внутри и относительно которого можно говорить о современности и уместности каждой отдельной разработки. Эта форма идеализации — скорее искомая, чем находимая, — форма понятности, рациональной прозрачности объекта. Однако именно в этом своем качестве она способна интегрировать разнонаправленные методические устремления, придавать единый смысл различным квалиметрическим показателям, свертывать фактографическую информацию об изделиях — служить формой, использование которой на всех уровнях укрупнения объекта и стадиях его существования позволяет рассчитывать на обнаружение логики его внутреннего устройства и закона развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашкинази И. Д., Пархомовский Е. А., Шевченко В. В. Регрессионные модели как инструмент квалиметрии. — В кн.: Тез. докл. 2-го Всесоюз. науч.-техн. симпоз. «Диалоговые и фактографические системы информационного обеспечения». Суздаль, 1981, с. 199—201.
2. ГОСТ 22 732—77. Методы оценки уровня качества промышленной продукции: Основные положения. М.: Изд-во стандартов, 1977. 17 с.
3. Единый порядок систематической оценки технического уровня и качества машин и другой техники. М.: Изд-во стандартов, 1982. 45 с.
4. Игрицкой В. И., Купин В. И. Определение уровня техники и научно-техническое прогнозирование. М.: Высш. шк., 1975. 235 с.

5. Измерение качества продукции: (Вопр. квалиметрии). М.: Изд-во стандартов, 1971. 188 с.
6. *Кудрин Б. И.* Исследование технических систем как сообществ изделий-техноценозов.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 236—254.
7. *Кунцевич К. Б., Михайлов Ю. В., Савичев В. В.* Метод оценки технического уровня разработок новой техники.— Электронная техника. Сер. 9, Экономика и системы управления, 1982, вып. 3 (44), с. 12—15.
8. *Лимер Э.* Статистический анализ неэкспериментальных данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 378 с.
9. *Мальцев А. Н., Соломащенко А. Е.* Модель комплексной оценки уровня качества продукции.— Электронная техника. Сер. 9, Экономика и системы управления, 1979, вып. 4 (33), с. 68—74.
10. *Орлов А. И.* Устойчивость в социально-экономических моделях. М.: Наука, 1979. 293 с.
11. *Поспелов Г. С., Ириков В. А.* Программно-целевое планирование управление. М.: Сов. радио, 1976. 440 с.
12. *Сторожук О. А., Дубаускас К. Я.* Комплексное технико-экономическое прогнозирование исследований и разработок: Обзоры по электронной технике. Сер. 9, Экономика и системы управления, 1981, вып. 3 (823). 32 с.
13. *Ступанченко А. А.* Формирование критериев совершенства технических объектов.— Электронная техника. Сер. 9, Экономика и системы управления, 1981, вып. 3 (40), с. 21—23.
14. *Хурсин Л. А.* О развитии техники как информационном процессе.— НТИ. Сер. 2, Информационные процессы и системы, 1974, № 2, с. 3—14.
15. *Яковлев А. С.* Сопоставление технических объектов в задачах служб научно-технической информации.— НТИ. Сер. 2, Информационные процессы и системы, 1983, № 10, с. 18—22.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

П. Е. БЕЛЕНЬКИЙ, Ю. Л. ГИТТИК

Повышение эффективности общественного производства путем его всесторонней интенсификации представляет главную составную часть экономической стратегии партии в XII пятилетке и на длительную перспективу. В решении этой важнейшей задачи особое место занимает организация производства, от которой в значительной степени зависит рациональность использования производственного потенциала, экономия всех видов ресурсов, качество работы. Новые требования к организации производства обусловлены также ускорением темпов научно-технического прогресса. В условиях сокращения сроков морального старения продукции, возрастания ее сложности и разнообразия требуется создание гибкого производства, способного за малое время и при небольших затратах переходить на изготовление новой продукции. Создание и освоение новой техники, материалов и прогрессивных технологий приводит к необходимости планируемых структурных изменений в таком производстве. Решение всех этих проблем возможно только на основе широкого использования современного переналаживаемого оборудования с программным управлением, систем управления на микропроцессорной основе, систем автоматизированного проектирования. Их применение приводит к возникновению новой формы организации производства — гибкому автоматизированному производству (ГАП). ГАП включает систему автоматизированного проектирования и гибкую производственную систему (ГПС), осуществляющую изготовление продукции.

Создание гибкого производства требует совершенствования существующих методов организации производства, которые, с одной стороны, не всегда достаточно теоретически обоснованы и, с другой стороны, не учитывают современных требований к промышленному производству. Цель настоящей статьи — раскрыть содержание и порядок организационной деятельности в ГПС в условиях научно-технического прогресса, рассмотреть механизмы формирования гибкого производства и на этой основе наметить пути совершенствования методов его организации

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ГПС представляет собой *управляемый с помощью ЭВМ комплекс основного и вспомогательного оборудования, соединенного транспортно-накопительными устройствами*. В состав ГПС может входить как автоматическое, так и автоматизированное оборудование, поэтому часть вспомогательных (и, возможно, основных) операций в ней выполняется вручную.

Частный случай ГПС — *гибкая автоматическая система, использующая безлюдную технологию*. Широкое распространение таких систем в настоящее время ограничивается в основном высокой стоимостью автоматического переналаживаемого оборудования. Потому так организуются только специализированные производства, характеризующиеся большими объемами выпуска однородной продукции. В этих условиях, с одной стороны, обеспечивается окупаемость капиталовложений на создание системы и, с другой стороны, снижаются требования к адаптивности оборудования. Вместе с тем систематическое снижение стоимости автоматических средств технологического оснащения (прежде всего, за счет систем управления) расширяет область экономически эффективного использования таких систем.

ГПС предназначается для автоматизированного изготовления определенной продукции. Плановые задания по номенклатуре продукции и объемам ее выпуска будем называть *производственными заданиями системы*. Функционирование системы складывается из отдельных подпроцессов, каждый из которых соответствует изготовлению определенного вида (группы) продукции; такие подпроцессы назовем *актами функционирования*.

В связи с изменением производственных заданий в ряде случаев целесообразна *реконструкция* ГПС — преобразование системы, связанное с изменением ее строения (т. е. производственной структуры). Будем считать, что известна динамика производственных заданий в некотором периоде (так называемом *периоде развития*) T_0 . Тогда развитие ГПС представляет процесс ее реконструкции в периоде T_0^1 . Процесс развития характеризуется так называемыми *периодами жизни системы* τ_j , $j = 1, m$, в которых строение системы

¹ В общем случае развитие включает и процессы самоорганизации системы, связанные с ее реконструкцией при неизменных производственных заданиях. Самоорганизация осуществляется, например, в силу морального старения отдельных элементов системы.

не изменяется; очевидно, что $\sum_{j=1}^m \tau_j = T_0$. От реконструкции ГПС будем отличать ее *перестройку* — переналадку и перепрограммирование системы при переходе с изготовления одного вида (группы) продукции на другой вид, осуществляемые без изменения строения системы.

Гибкость технологической системы характеризует способность системы к перестройкам. Методологически важно различать два рода гибкости. Гибкость I рода (*перестраиваемость*) связана со способностью ГПС многономенклатурного производства выпускать различные виды (группы) продукции при постоянных производственных заданиях. Гибкость II рода (*адаптивность*) обеспечивает возможность перестройки системы при изменении производственных заданий. Такое разделение двух родов гибкости условно, поскольку, как будет показано ниже, при установлении гибкости, создаваемой ГПС, учитываются требования как к ее перестраиваемости, так и к ее адаптивности.

Для исследования процессов, происходящих в ГПС, необходимо использовать соответствующие масштабы времени [3]. Изучение функционирования системы требует масштаба времени, сравнимого с периодом акта функционирования, т. е. с длительностью производственного цикла. Для этого вводится *масштаб собственного времени* системы (времени функционирования), в котором акт функционирования рассматривается как синхронический процесс. Развитие ГПС характеризуется *историческим* (эволюционным) временем, на временной оси которого рассматриваются периоды жизни τ_j , $j = \overline{1, m}$, и период развития T_0 . Масштаб собственного времени системы существенно меньше масштаба ее исторического времени. Принципиально возможно введение и других масштабов времени ², однако в нашем исследовании необходимо выделять и различать именно эти два масштаба.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрим содержание организационной деятельности в ГПС, используя метод восхождения от абстрактного к конкретному (ср. [23]).

В исследованиях допускаются различные представления системы — процессуальное, функциональное, макроскопиче-

² Общий методологический подход к проблеме времени в системных исследованиях предложен в [15].

ское и другие, отвечающие различным аспектам ее изучения [6]. При разработке ГПС исходным является ее *процессуальное* представление, при котором рассматриваются лишь процессы функционирования системы, соответствующие производственным заданиям. Такое представление не учитывает «материал» системы — совокупность средств технологического оснащения, реализующих эти процессы, поэтому при проектировании системы переходят к ее *функциональному* представлению, использующему специальные изображения процессов — *функциональные схемы*³, позволяющие соотносить процессы функционирования с реализующими их объектами. Они задаются упорядоченностью функциональных мест элементов системы, каждое из которых фиксирует определенные функциональные свойства. Функционирование ГПС, складывающееся из отдельных актов, изображается набором функциональных схем.

Для перехода от функционального к микроскопическому представлению ГПС — представлению системы как совокупности взаимосвязанных элементов — соответствующий набор функциональных схем «отпечатывают на материале» [6, 23]. Функциональные места задают характеристики наполняющих их элементов системы — их так называемые свойства назначения [8]. Для того чтобы при функционировании ГПС могли быть реализованы все функциональные схемы, состав элементов должен обеспечивать наличие всех необходимых свойств назначения. При этом могут использоваться и полифункциональные элементы, которые допускают изменение своих свойств назначения.

Процедура «отпечатывания на материале» переводит отношения порядка функциональных мест в *связи взаимодействия* элементов системы. В соответствии с предложенной в [3] типологией они включают связи свойств и связи объектов в процессах функционирования системы. Такие связи выражают непосредственную взаимозависимость и взаимообусловленность элементов и их свойств в общем процессе. Если же рассматривать эти взаимозависимости вне реальной связи между ними, следует говорить о существующих в системе отношениях, т. е. представлять отношения как опосредованную связь (ср. [18, 22]).

Строение ГПС должно обеспечивать выполнение всех необходимых актов ее функционирования. Лишь в исключительных случаях система создается как совокупность несвя-

³ Подобное изображение называют также функциональной структурой [6, 16] или структурой [23].

занных монофункциональных подсистем, каждая из которых выполняет определенный акт функционирования. Поэтому обычно *полифункциональность* системы достигается за счет перестройки в ней связей взаимодействия — изменения характеристик элементов и порядка их взаимодействия — при переходе от одного акта функционирования к другому⁴. Формирование экономически целесообразного строения такой полифункциональной системы и осуществление в ней перестройки связей взаимодействия и составляет в ГПС содержание организационной деятельности.

ДВУХУРОВНЕВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Осуществление акта функционирования, изображаемого некоторой функциональной схемой, требует соответствующей упорядоченности в системе — определенного порядка элементов и их связей. Для характеристики направленности упорядоченности используется понятие *организация* [5, 11, 14].

Смена актов функционирования осуществляется путем перестройки упорядоченности в системе за счет изменения связей взаимодействия. Поэтому организация ГПС как полифункциональной системы перестраивается (модифицируется) в соответствии с необходимой последовательностью актов функционирования. Следовательно, организация системы может существовать только в одной из своих модификаций, отвечающей заданному акту функционирования.

В системных исследованиях с организацией ГПС соотносят ее структуру. Существенной особенностью структуры является то, что она представляет устойчивые связи системы и в этом смысле выражает ее инвариантный аспект [12]. В ГПС инвариантность связей взаимодействия проявляется как устойчивость, повторяемость в процессе функционирования. Такие связи не изменяются при осуществлении различных актов функционирования и, следовательно, являются постоянной (инвариантной) частью ее перестраиваемой организации. Их устойчивость обычно обеспечивается морфологически, т. е. строением ГПС.

Понятие «структура» становится определенным лишь при соотнесении с фиксированным периодом жизни системы,

⁴ Перестройка не обязательно предполагает одновременное изменение всех необходимых связей взаимодействия. Например, в механообрабатывающем производстве происходит последовательная перестройка в соответствии с продвижением партии деталей.

в этом периоде структура представляет инвариантный аспект системы. При реконструкции ГПС меняется и ее структура.

Таким образом, для ГПС характерно следующее соотношение ее организации, упорядоченности и структуры. Организация выражает обусловленность существующего в системе порядка элементов, их связей и отношений процессом функционирования. Это понятие используется в тех случаях, когда непосредственно раскрывается зависимость существующего порядка от процесса функционирования. *Упорядоченность* же фиксирует наличие такого порядка в системе вне учета обуславливающего его процесса и, следовательно, выражает опосредованную организацию (ср. [5]). *Структура* системы характеризует постоянную часть всех модификаций организации при выполнении различных актов функционирования и образуется устойчивой частью упорядоченности.

Использование понятия структуры позволяет различать две части в организации системы: *постоянную*, общую для всех ее модификаций, и *переменную* (вариативную) часть, изменяющуюся при ее перестройке (ср. [21]). Переменную включающую изменяемые при смене актов функционирования связей взаимодействия, будем, как и в [10], называть *программой*.

Организация каждого акта функционирования включает вполне определенную совокупность связей взаимодействия, поэтому ее переменная и постоянная части связаны соотношением дополнительности: чем больше связей зафиксировано в структуре (т. е. чем система менее гибкая), тем меньше связей включает программа, и наоборот — для системы с высокой гибкостью. Гибкость системы, таким образом, определяется соотношением количества связей взаимодействия, входящих в переменную и постоянную части ее организации.

Различение временных масштабов позволяет выделить в ГПС два уровня организационных процессов, которые удобно представлять с помощью специальных организационных механизмов. Процессы на первом уровне, характеризующемся историческим временем, связаны с созданием (преобразованием) системы и образуют *формирующий организационный механизм*. Процессы на втором уровне обеспечивают перестройку системы путем изменения связей взаимодействия, входящих в переменную часть организации, в соответствии с требуемым актом функционирования. Рассмотрение таких процессов требует использования масштаба собственного времени системы. Организационные процессы второго уровня образуют *модифицирующий организационный меха-*

низм (механизм перестройки), который также включает и установление очередности выполнения актов функционирования.

Двухуровневое представление организационной деятельности в ГПС выделяет две ее основные фазы: формирующую и модифицирующую⁵. В свою очередь, возможна детализация организационных процессов каждой фазы. Такое представление является «дискретным аналогом» организации биологических систем, в которых «то, что называют структурой, является медленным процессом большой продолжительности, то, что называют функцией, является быстрым процессом короткой продолжительности» [25, с. 129].

ФОРМИРУЮЩИЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

При функциональном представлении ГПС неявно предполагается возможность реализации в «материале» любой ее организации путем создания соответствующего строения системы. Однако реальные возможности, определяемые уровнем развития техники, приводят лишь к ряду допустимых вариантов построения ГПС. Поэтому формирующий организационный механизм включает формирование допустимых вариантов и выбор наилучшего из них по критерию экономической эффективности создания, функционирования и развития системы. Рассмотрим более подробно этот механизм, предположив вначале, что ГПС должна обладать гибкостью только I рода, т. е. ее производственные задания постоянны. Такое предположение соответствует исследованию системы в ее собственном времени.

Допустимый вариант представляет технически целесообразное строение ГПС, позволяющее выпускать всю заданную номенклатуру продукции в требуемых количествах. Каждый вариант характеризуется определенными морфологическими связями (связями строения), которые, как уже отмечалось, могут фиксировать относящиеся к структуре связи взаимодействия. Поэтому различные варианты обеспечивают и различную гибкость системы. Очевидно, что гибкость допустимых вариантов должна превышать некоторый минимальный уровень, определяемый конструкторско-технологической однородностью продукции, т. е. заданной специализацией системы. Выбор наилучшего варианта (из числа допустимых) основывается на оценке экономической эффек-

⁵ Представления, близкие к предложенному, рассматривались в [4, 16].

тивности создания и функционирования ГПС при заданных объемах выпуска продукции.

Снижение гибкости системы — увеличение количества связей взаимодействия, входящих в постоянную часть ее организации, — приводит к большей приспособленности строения системы к изготовлению каждого вида (группы) продукции. Это в свою очередь ведет к более эффективному функционированию системы за счет сокращения длительности цикла, повышения производительности системы, а также упрощения процессов перестройки системы. Следовательно, снижение гибкости системы способствует повышению эффективности ее функционирования. Однако увеличение при этом постоянной части организации снижает возможности изменения связей взаимодействия в системе, т. е. приводит к ограничению ее способности к перестройке. Гибкость системы, таким образом, тесно связана с эффективностью ее функционирования. Так, например, специализированная ГПС, допускающая лишь малые перестройки, позволяет достигать лучших экономических показателей, чем универсальная система, в которой возможны перестройки в широком диапазоне. Поэтому, если считать затраты на создание различных вариантов ГПС примерно одинаковыми, выбор наилучшего варианта выражает поиск экономически целесообразного компромисса между двумя противоположными свойствами системы — приспособленностью к отдельным производственным заданиям и способностью к перестройке. В этом выборе номенклатура продукции определяет нижнюю границу гибкости допустимых вариантов построения ГПС, а объем выпуска предопределяет экономическую эффективность использования того или иного варианта.

СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ГПС

Выше было сделано предположение о постоянстве производственных заданий, однако в общем случае это выполняется лишь в отдельных периодах: $T_i (i = \overline{1, n}), \sum_{i=1}^n T_i = T_0$.

При изменении производственных заданий может оказаться экономически целесообразной реконструкция системы⁶. Поэтому необходимо рассмотреть процесс развития системы, переходя к ее исследованию в историческом времени.

⁶ Изменение производственных заданий не всегда к этому приводит, так как возможна их ориентация на конкретную ГПС (см., например, [17]).

Согласование процессов функционирования и развития ГПС обеспечивается принятием некоторой стратегии развития, задающей в периоде T_0 экономически обоснованную последовательность периодов ее жизни τ_j ($j = \overline{1, m}$). В соответствии с этим устанавливается адаптивность (гибкость II рода) системы в каждом периоде τ_j . Выбор стратегии развития основывается на расчете соотношения общих затрат на реконструкцию системы в периоде T_0 и эффективности ее функционирования в отдельных периодах τ_j ⁷. Принятие определенной стратегии развития выражает подход к развитию ГПС на основе так называемого структурообразующего изделия [2].

Будем считать вначале, что развитие ГПС обусловлено изменением только номенклатуры выпускаемой продукции. Тогда можно выделить две противоположные стратегии развития:

1. При изменении производственных заданий осуществляется реконструкция системы. В этом случае $\tau_j = T_i$ ($i, j = \overline{1, n}$) и создание ГПС в периоде τ_i производится в соответствии с номенклатурой продукции планового периода T_i . Такая стратегия позволяет достигать высокой производительности ГПС за счет приспособленности ее строения к производственным заданиям каждого планового периода, но требует значительных затрат на реконструкцию. Системе в этом случае гибкость II рода — адаптивность — не требуется.

2. Создается (реконструируется по окончании предыдущего периода развития) такая система, гибкость которой позволяет производить продукцию любого планового периода T_i ($\forall i = \overline{1, n}$). В этом случае $\tau = T_0$ и при отборе допустимых вариантов построения ГПС учитывается номенклатура продукции всего периода T_0 . Такая стратегия исключает затраты на реконструкцию системы внутри периода T_0 , но эффективность ее функционирования в каждом периоде T_i ($i = \overline{1, n}$) ниже, чем при первой стратегии.

Первая стратегия развития предполагает создание и реконструирование специализированных ГПС, а вторая — построение универсальной системы. Возможна и третья, комбинированная стратегия, при которой период T_0 разбивается на укрупненные периоды $t_k = \sum_{i=S_{0k}}^{S_{1k}} T_i$, $k = \overline{1, l}$, где

⁷ При этом необходимо использовать соответствующие коэффициенты дисконтирования.

S_{0k} и S_{1k} — соответственно номера первого и последнего плановых периодов, включенных в t_k . Тогда в периодах жизни $\tau_j = t_k$ ($j, k = 1, l$) ГПС за счет гибкости II рода способна производить продукцию плановых периодов $T_{S_{0k}}, T_{S_{1k}}$. В этом случае требуются меньшие затраты на реконструкцию, чем при первой стратегии, и обеспечивается более высокая производительность ГПС, чем при второй стратегии. При обоснованном разбиении периода развития T_0 на периоды t_k комбинированная стратегия в различных плановых периодах обеспечивает сочетание реконструирования системы с ее адаптацией к новым производственным заданиям.

Выбор конкретной стратегии развития зависит от специфики ГПС и динамики ее производственных заданий. Для учета этих условий необходимо оценивать конструкторско-технологическую новизну продукции каждого нового планового периода T_i . Для количественной оценки этого показателя следует использовать специальные коэффициенты обновления⁸, которые рассчитываются для каждого периода T_i . При малых их значениях обычно принимается вторая стратегия — создается универсальная система. Если же все эти коэффициенты велики, исследуется целесообразность создания и реконструирования специализированных ГПС. В случае, когда значения коэффициентов обновления изменяются в широком диапазоне, обычно используется комбинированная стратегия. При этом для плановых периодов с малыми значениями коэффициентов создается универсальная система, которая реконструируется в начале периодов, характеризующихся большим значением коэффициента.

Такие рекомендации носят общий характер и предназначены для сокращения числа альтернативных вариантов развития. Окончательное решение по выбору стратегии развития ГПС принимается на основе расчетов общей экономической эффективности функционирования системы (систем) в периоде T_0 .

Итак, при изменении номенклатуры продукции принятие некоторой стратегии развития ГПС связано с отбором допустимых вариантов в рассмотренной выше процедуре выбора наилучшего варианта построения системы. Точно так же можно рассмотреть и стратегии развития при изменении в производственных заданиях объемов выпуска продукции. При этом допускается либо создание системы для выпуска максимального объема продукции, либо реконструкция ГПС при изменении плановых объемов выпуска. Аналогично вводится

⁸ Принципы построения таких коэффициентов приведены в [7, 9].

и комбинированная стратегия. В процедуре выбора наилучшего варианта это приводит к изменению экономической целесообразности использования того или иного варианта. В целом выбор стратегии развития также выражает поиск экономически целесообразного компромисса между приспособленностью ГПС к производственным заданиям отдельных плановых периодов и способностью адаптироваться к новым производственным заданиям.

Дополненная процедура выбора наилучшего варианта построения ГПС, учитывающая некоторую стратегию развития, позволяет определить вариант, наилучший по критерию экономической эффективности⁹ создания, функционирования и развития системы. Гибкость выбранного варианта обеспечивает целесообразную перестраиваемость и адаптивность системы. Такая процедура выбора составляет основу формирующего организационного механизма в ГПС.

Рассмотренное представление формирующего механизма позволяет наметить некоторые пути совершенствования практических методов организации ГПС. Так, выделение постоянной и переменной частей связей взаимодействия в организации системы позволяет определять необходимую степень универсальности отдельных средств технологического оснащения и транспортно-накопительных устройств¹⁰. Принятие соответствующей стратегии развития ГПС обеспечивает общую экономическую эффективность ее функционирования во всем периоде развития. Процедура выбора наилучшего варианта построения системы может служить основой для перехода к автоматизированному проектированию ГПС.

В заключение отметим, что в общем виде двухуровневое представление организационных механизмов может быть распространено и на производственные системы, в которых не используется автоматическая и автоматизированная техника. В таких системах организационная деятельность также включает две фазы — формирующую, обеспечивающую создание (реконструкцию), и модифицирующую, осуществляющую перестройку системы. Иное содержание приобретает выбор стратегии развития системы. В такой системе существуют «собственные» [23] цели, связанные с ее сохранением и воспроизводством. В них учитываются задачи повышения эффективности производства и качества работы, социального развития коллектива. Поэтому

⁹ Методы оценки экономической эффективности должны учитывать особенности автоматизированного производства (см., например, [1]).

¹⁰ Таким образом, в общем случае неверно определение гибкости ГПС по наименее гибкому ее элементу.

исходные производственные задания выступают для системы как «несобственные» цели. Принятие стратегии развития обеспечивает согласование этих двух ¹¹ видов ее целей.

* * *

Предложенное представление формирующего механизма позволяет выявить общую закономерность организационной деятельности — нахождение компромисса между приспособленностью системы и ее способностью к адаптации. Такой компромисс достигается ограничением разнообразия функций системы путем образования специальных инвариантов. Именно так устанавливается гибкость I рода ГПС и согласовываются процессы ее функционирования и развития. Подобная закономерность носит общесистемный характер и выражает действие закона необходимого разнообразия в процессах самоорганизации естественных систем (или в формирующей фазе организационной деятельности в искусственных системах), функционирующих в динамической среде. Нахождение компромисса между приспособленностью и адаптивностью системы характеризует, например, некоторые процессы в популяционной генетике [19] или формирование научных коллективов [24].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакис К. Я. Эффективность автоматизации производства. М.: Экономика, 1982. 104 с.
2. Бельский П. Е. Проблемы совершенствования производственной структуры промышленных предприятий. М.: Экономика, 1976. 94 с.
3. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
4. Боголепов В. П. О состоянии и задачах развития общей теории организации. — В кн.: Организация и управление: Вопр. теории и практики. М.: Наука, 1968, с. 38—56.
5. Геодакян В. А. Концепция информации и живые системы. — Журн. общ. биологии, 1978, т. 36, с. 336—347.
6. Горюхов В. Г. Множественность представлений системы и постановка проблемы системного эталона. — В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1971. М.: Наука, 1972, с. 72—78.
7. Градов А. П. Технический уровень производства предприятия. Л.: Ленингр. политехн. ин-т, 1973. 94 с.
8. Гуцин Ю. Ф., Дубровский В. Я., Щедровицкий Л. П. К понятию «системное проектирование». — В кн.: Большие информационно-

¹¹ В такой системе, как некоторой общности людей, существуют и цели — ориентации [13], однако в нашем исследовании можно считать, что общие интересы участников производства снимаются в «собственных» целях и в некоторой степени учитываются при установлении производственных заданий.

- управляющие системы. М.: Моск. Дом науч.-техн. пропаганды, 1969, с. 145—152.
9. *Киселев Г. А.* Переналаживаемые технологические процессы в машиностроении. М.: Изд-во стандартов, 1980. 272 с.
 10. *Клир И.* Абстрактное понятие системы как методологическое средство.— В кн.: Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969, с. 207—319.
 11. *Малиновский А. А.* Теория структур и ее место в системном подходе.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1970. М.: Наука, 1970, с. 10—30.
 12. *Овчинников Н. В.* Структура и симметрия.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1969. М.: Наука, 1969, с. 111—121.
 13. *Пригожин А. И.* Социология организации. М.: Наука, 1980. 256 с.
 14. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: Логико-методол. аспект. М.: Наука, 1974. 230 с.
 15. *Сарычев В. М.* Время и пространство в системной методологии.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 284—302.
 16. *Сарычев В. М.* Производственно-технологическая система как функционирующий, воспроизводящийся и развивающийся объект и проблема внедрения новых технологий или производства новых продуктов.— В кн.: Проблемы композиционного планирования. (Тр. ВНИИСИ; Вып. 11). М., 1978, с. 36—53.
 17. *Сатановский Р. Л.* Адаптация производства и продукции в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1981. 167 с.
 18. *Свидерский В. И., Зобов Р. А.* Отношение как категория материалистической диалектики.— *Вопр. философии*, 1979, № 1, с. 88—95.
 19. *Свирижев Ю. М.* Выступление на встрече-дискуссии «Системный подход в биологии».— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1970. М.: Наука, 1970, с. 111—112.
 20. *Сетров М. И.* Основы функциональной теории организации: Филос. очерк. Л.: Наука, 1972. 164 с.
 21. *Тюхтин В. С.* Отражение, системы, кибернетика. М.: Наука, 1972. 256 с.
 22. *Уемов А. И.* Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 241 с.
 23. *Щедровицкий Г. П.* Автоматизация проектирования и задачи проекторочной деятельности.— В кн.: Разработка и внедрение автоматизированных систем проектирования. М.: Стройиздат, 1975, с. 9—177.
 24. *Яблонский А. И.* Структура и динамика современной науки.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1976. М.: Наука, 1977, с. 66—90.
 25. *Bertalanffy L. von.* Das biologische Weltbild. Bern, 1949. (Цит. по [20]).

ТЕХНИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ И СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ *

И. КИШШ, Э. СЮЧ

ВВЕДЕНИЕ

Развернувшаяся в наше время научно-техническая революция является революцией не только науки и производства, но и революцией культуры и соответственно «идеала образованности». Образованность при этом понимается как такая систематизированная сумма знаний и целесообразного поведения, с помощью которой человек способен:

— ориентироваться (в пространстве и во времени) в окружающей среде;

— приспособливаться активно к окружающей среде;

— охранять и развивать окружающую среду, другими словами, так использовать скрытые в среде возможности, чтобы результат не только сегодня, а и в будущем отвечал бы интересам общества;

— приобретать новые знания (совершенствовать свое поведение, повышать свою образованность). Таким образом, образованность означает не только знания, а также и поведение — активное отношение к окружающей среде.

На базе этих общих представлений в Венгрии в 1973 г. под руководством Венгерской академии наук началась разработка основ современной культуры, а также связанной с этим концепции воспитания (обучения), которая, развивая традиции трудового воспитания, подчеркивая связь теории с практикой и важность комплексного подхода к явлениям и событиям, рассматривает в новых рамках профессиональное мастерство и научное знание. В 70-х годах эту позицию наиболее адекватно представлял собой системный подход. Системное мышление создавало определенную основу для введения новых принципов обучения. В условиях ВНР новый предмет получил название «техника». К 1981 г. введение нового предмета значительно продвинулось, новая концепция почти во всех отношениях получила организационную форму: постепенное введение предмета заканчивается, приготовлены учебники, учебные пособия и сформировалась система обучения преподавателей на трех уровнях.

* Перевод с английского выполнен П. И. Быстровым.

Следует отметить, что, хотя техника является новым предметом, само обучение технического характера не ново. Широко известны такие понятия, как рабочая школа, практическое занятие, политехническое обучение и т. п., а также различные кружки «умелые руки» и «моделирования». Все это были предпосылки, без которых не родилось бы сегодняшнее обучение технике. Но это не означает, что предмет «техника» совпадает с каким-либо из перечисленных предметов. Техника не может совпадать с «рабочей школой», хотя бы потому, что она является не предметом, а такой концепцией воспитания, которая должна действовать на всю систему обучения; ведь ни трудовое воспитание, ни профессиональное обучение нельзя трактовать ограниченно, как единственный предмет. Техническое мышление распространяется не только на знание инструментов и материалов, оно противоречит всем тем тенденциям, которые при помощи способа «показ—подражание—проверка» направлены на формирование шаблона мышления и умения, ограничивают творчество, создание идей, отличающихся от шаблонов. Не требуется вводить в школах сокращенного варианта обучения квалифицированных рабочих и не требуется введения «миниатюрного политехнического института». Техника понимается как самостоятельный предмет, находящийся в органической связи с другими элементами образования (другими учебными предметами). Из этого следует, что ее можно преподавать на всех уровнях общего обучения; техническую образованность можно развивать и после окончания школы.

Современная техника тесно связана с естественными и общественными науками. Соответственно техника, как предмет, дополняет другие учебные дисциплины. Это означает, что в отдельных предметах следует укреплять знания, связанные с повседневной техникой:

— в рамках математики на конкретных технических примерах можно использовать двоичную систему, логические основы современных вычислительных машин, способ алгоритмирования;

— в рамках физики термодинамика излагается при помощи процессов использования энергии, оборудования для использования энергии (двигатели, приводные механизмы и т. д.); знание средств хозяйственной техники помогает пониманию отдельных законов механики и электродинамики;

— в рамках химии требуется дать понятие о связи между структурными свойствами и применимостью материалов (традиционных и так называемых искусственных);

— в рамках обучения истории следует довести до созна-

ния учеников историю образования и развития техники, этапы исторического изменения отношений между техникой и обществом;

— в рамках предметов искусствоведения необходимо воспитывать «технический вкус», оценку промышленных форм.

В то же время предмет «техника» укрепляет и развивает умение и знания, приобретенные в ходе обучения специальным предметам таким образом, что при решении отдельных технических проблем используются законы естественных и общественных наук.

ПРИНЦИПЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

В процессе технического воспитания в течение 10 лет необходимо добиться того, чтобы каждый член подрастающего поколения независимо от выбранной им профессии: а) знал основные законы общества, природы и техники, связи этих законов и процессов, определенных этими законами; б) был способен использовать технические средства окружающей его среды; в) был способен целесообразно и планомерно формировать окружающую его среду; г) был способен рационально оценивать технические системы; д) чтобы его поведением стали организованная человеческая деятельность, целенаправленное разрешение проблем; е) знал и оценивал разные формы творческой работы и на основе этого выбирал себе профессию.

Из сказанного видно, что предмет «техника» способствует воспитанию многогранно образованного человека, помогает в выборе профессии и дает подрастающему поколению возможность изменить профессию в случае необходимости.

Принципы технического воспитания вытекают из того, что технические знания связаны в первую очередь с искусственной средой, с сотворением нового, совершенствованием существующего, строительством и сохранением имеющегося окружения, в то время как физика, химия, история, экономика и т. д. являются по большей части описывающими, анализирующими науками, которые задаются целью раскрыть закономерности соотношения между причиной и следствием, т. е. ориентированы на существующие вне их события и явления. Конечно, это не означает, что они занимаются только существующими фактами, так же как техника синтезирует не только знания, связанные с созданием нового.

Главными специальными принципами техники, на наш взгляд, являются следующие:

- целенаправленность («почему» и «что»);¹
 - планомерность («что» и «как»);
 - экономичность («как» и «за счет чего»);
 - организация («за счет чего» и «с кем») и, наконец,
 - системный подход, объединяющий все предыдущие.
- Целенаправленность.

Любое продуктивное действие вызывает какое-либо изменение во взаимоотношении человека с природой. В то время как естественные науки, как правило, рассматривают поведение какого-либо объекта, закономерности поведения, техника в первую очередь ищет средство для достижения какой-либо цели, например такой объект, который обеспечивает заранее предоставленную (предписанную, желаемую, требуемую) связь, формирует преобразующее действие, поведение. Из сказанного ранее о технической образованности следует, что определение цели не должно ограничиваться учетом узких интересов, взглядов. Осуществимое изменение должно быть полезным и для среды в целом (для природы и общества) и не должно нести нежелательных последствий в перспективу будущих лет (столетий и даже тысячелетий). Из всего этого очевидно, что техника является сферой применения функционального подхода. Это означает, что материалы, отдельное оборудование и т. п. исследуются и оцениваются техникой в первую очередь не со стороны их внутренних зависимостей, а функционально, т. е. в какой степени они отвечают поставленным целям.

Планомерность.

Когда уже решено, «почему» и «что», нужно узнать и решить, «как». Простым описанием цели, однозначной характеристикой целевого состояния еще определяется только конечное состояние, которого следует достигнуть. Для того чтобы достичь цели, необходимо планирование: средств «производства продукта» удовлетворяющего требованиям: пути, приводящего к достижению цели (к изготовлению продукта).

Важно отметить, что понятия «задача» и «проблема» в данном случае не являются синонимами. Общее в них то, что в обоих случаях необходимо исходить из существующего положения (состояния) и прийти к желаемому (предписанному, представленному, определенному) положению (состоянию). Для задачи могут быть известны несколько способов решения, которые получают с помощью применения соответствующих алгоритмов, т. е. к правильному решению задачи можно прийти, только следуя этими путями. Проблемы отличаются от задач тем, что их требуется сначала осознать. Осознание проблемы является сложной интеллек-

туальной деятельностью. Следует исходить из анализа наличного (существующего) состояния, и при этом требуется понять, что потребности не могут быть удовлетворены существующими (или ожидаемыми) возможностями. Человек, который чувствителен к проблемам, ищет не вообще «новое», но такое новое решение, которое снимает противоречие, существующее между потребностями и возможностями; этот человек не принимает существующее положение как нечто «совершенное», его целью является постоянное развитие, и его лозунг — «сохраняя, изменить».

Трудности решения проблем заключаются в следующем:

— к целесообразному состоянию можно прийти несколькими путями, из этих возможных путей нужно выбрать один, решить, при каких условиях выбранный путь будет оптимальным;

— часто неизвестен ни один путь, который вел бы к желаемому состоянию; значит, необходима исследовательская деятельность, которая выявит возможные пути изменения состояния;

— неизвестны существенные характеристики желаемого состояния (положения), т. е. нет описания комплексной ситуации.

Экономичность.

После вопросов «почему», «что» и «как» самым важным вопросом является вопрос «за счет чего». Речь идет не только о минимизации расходов — часто требуется найти предельные значения или компромиссное решение, ориентируясь на другие ценности (например, защиту природы, здравоохранение и т. п.). Другими словами, требуется сделать выбор из возможных решений в зависимости от их стоимости, а для этого требуется сравнение вариантов. Отправной точкой сравнения (решения) часто является экономичность, что означает требование рационального использования имеющихся в распоряжении ресурсов (сырья, энергии и т. д.).

МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ ПРЕДМЕТУ «ТЕХНИКА»

В соответствии с целью предмета «техника» школьное обучение в течение 10—12 лет должно привести учеников от игры к сознательно запланированной и выполняемой деятельности, к творческому труду в полном его понимании, а именно:

— в дополнение к каузальному образу мышления необходимо обучение альтернативному мышлению и действию, участию в процессах выбора и решения;

— причинно-следственные связи и выводы необходимо дополнять оценочными суждениями — другими словами, во всех возможных фазах процесса обучения и воспитания необходимо способствовать осознанию того, что явления и события человеческого мира за счет их причинно-следственных связей со средой могут быть полезными или вредными, приближать нас к одной из целей или удалять от другой;

— необходимо способствовать осознанию того, что технические процессы одновременно являются общественными процессами, наряду с вещественными сторонами не менее важной является их экономическая сторона;

— в школьном обучении и образовании наряду с аналитическим подходом требуется вырабатывать способности целенаправленного синтезирующего подхода, учитывая, что возможен не только функциональный подход к существующей ситуации, но и поиск совершенно новых средств для выполнения осознанной функции, вплоть до построения новых ситуаций;

— применение подражания как учебно-воспитательного способа для усвоения основных рабочих приемов нужно ограничивать; требуется предоставить как можно больше возможностей для проявления фантазии в осознании проблем, в определении возможных альтернатив решений, в выборе материалов, средств и способов;

— организация, коммуникация, процессы планирования, оценка и решение, работа с символами, проверка, анализ неудач, принятие результата за часть последующей целой системы или целой системы высшего порядка — все это нужно слить в тесное единство с остальными видами деятельности.

Общеизвестно, что человек лучше всего знает то, что сам может делать (водитель автомобиля только тогда может думать об оптимальном поведении в уличном движении, когда уже почти автоматически управляет машиной). То есть требуется «технизирование», умение, непосредственное впечатление о сфере средств. Детям мы, взрослые, создаем условия для познания мира, но открывать его надо им самим. Основной принцип технического подхода: существует возможность нескольких решений одной проблемы. В техническом воспитании это проявляется в том, что индивидуально (или маленькими группами) надо обнаружить проблему и разработать способы ее решения, затем учащиеся сами должны обосновать выбранное решение (или решения), объясняя, на основе каких соображений (точек зрения, связей) они сделали выбор из возможных вариантов. Этому принципу надо следо-

вать, начиная уже с младших классов. Особенно важно, чтобы фантазии была предоставлена свобода, чтобы была возможность раскрытия творческих способностей. Идеальный случай, правда трудноосуществимый, — чтобы преподаватель был бы только руководителем обсуждения, а сами учащиеся обсуждали бы возможности решений, их преимущества и недостатки.

Надо ознакомить учащихся (или лучше создать условия, чтобы они сами ознакомились) с различными видами материалов, типами средств, основой технологии, с возможными взаимосвязями, техническими системами «человек—машина», «машина—машина», «человек—человек». Руководящей идеей процесса ознакомления должен быть поначалу функциональный подход. Учащиеся уже на первых порах занимаются решением функциональных задач:

— надо создать средство для выполнения какой-либо определенной функции;

— для этого можно использовать любой имеющийся в распоряжении (приобретенный из школьных знаний или другим путем) материал, средство;

— учащиеся должны определить свойства использованных материалов (возможность их замены, исправления) с точки зрения конструкции в целом и с точки зрения общественной полезности;

— сравнить характеристики форм и содержания средств, изготовленных учащимися (или — в более сложном случае — «спроектированных» ими), с соответствующими характеристиками имеющихся традиционных средств для выполнения подобных функций.

Преимущество получают те задачи, в ходе решения которых продукты, изготовленные отдельными учащимися, можно связать друг с другом и из них возможно создать системы различных типов.

От обучения технике надо ждать двойного результата: во-первых, систематизированных знаний о принципах работы предметов и оборудования типично технического характера; во-вторых, — и это более важно — развития такого поведения, которое облегчает общественную кооперацию людей, облегчает их активное взаимодействие с технической средой.

Для этого необходимо личное знакомство с крупными предприятиями, но что еще важнее — школьный анализ техники в непосредственном окружении (дома, на улице, в школе, в игре, в спорте и т. д.). Непосредственное техническое окружение само по себе пригодно для того, чтобы с его по-

мощью мы могли показать принципы работы техники, использовать — может быть, повышать — целесообразность ее средств, развивать ее планомерность и организованность. И это надо делать так, чтобы учащийся был не пассивным наблюдателем; а активным действующим участником. Здесь активная роль принадлежит так называемой работе «сделай сам».

Мы уже упоминали, что в техническом воспитании уже с самого начала надо применять комплексный подход. В сущности, речь идет о том, что не только внутри школьных стен приобретается знание учебного предмета. Это происходит с помощью многих других форм, к которым можно отнести:

- 1) внешнюю техническую среду (транспорт, промышленность и т. д.);
- 2) домашнюю среду (домашняя техника);
- 3) игры и развлечения;
- 4) средства массовой коммуникации, прежде всего радио и телевизор.

Техническое воспитание не ограничивается знаниями, приведенными в учебниках, и усвоением приемов работы. В воспитании предмет «техника» — в соответствии с особенностями возраста — концентрирует внимание вначале на ориентацию в среде, на систематизированное приобретение знаний и на систематизацию приобретенных знаний; в ходе последующих процессов формируется способность к осознанию проблемы, способность к формулированию проблемы и ее решению. Воспитание восприятия проблем мы считаем главным элементом технического обучения, настолько важным, что, по нашему убеждению, исходя из него, следует группировать весь учебный процесс.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Начиная с домашнего окружения и до более широкой среды, ищем (и помогаем обнаружить) проблемные ситуации. По нашему мнению, следует исходить из анализа существующей ситуации, из сравнения возможностей и потребностей. На основе этого можно приблизительно представить цель, т. е. то состояние, которого требуется достичь так, чтобы снизить напряжение между возможностями и потребностями.

В процессе выявления проблемы (т. е. при оценке существующего состояния) особо важным становится так называемое дивергентное мышление, которое способно оторваться от привычных схем, от застывших оценочных систем. Преподава-

телю следует не сдерживать, а максимально помогать тем ученикам, которые ищут оригинальные мысли и новые решения.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИМЕЮЩИХСЯ ЗНАНИЙ

Знание основных элементов (материалы, технологии, элементы машин и т. д.) означает не приобретение энциклопедической эрудиции, а систематизацию и группировку знаний по каким-либо характерным свойствам. С точки зрения техники основу систематизации представляют собой в первую очередь функциональные свойства. Систематизация существующих и вновь приобретенных знаний, а также усвоение техники (средств, способов, эффективности) систематизации должны научить учащихся технике хранения и поиска информации и не только ознакомить учеников с этими процессами, а выработать у них привычку применять в своей жизни доступную техническую информацию.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

После формулировки проблемы и систематизации знаний можно проектировать возможные пути решения проблемы. Важнейшей частью технического воспитания является планомерность. Без планомерности не существует технической культуры. Школьная проектная работа ведется в двух направлениях: разработка системы, которая ведет к достижению цели, и определение пути, продвигаясь по которому, можно будет создать запроектированную систему. (Коротко: следует запроектировать «продукцию» и «производство»!).

При планировании возможностей решения проблем существенным является осознание того, что каждая проблема является частью более крупной проблемы. Также необходимо научиться осуществлять тот подход, который охватывает отдельные проблемы в их взаимосвязях (комплексно), который препятствует формированию типа человека, углубленного в себя, наделенного стремлениями делать все без помощи других.

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ

Для решения проблемы всегда требуется какая-либо деятельность. При выполнении большинства технических заданий эта деятельность является коллективной, требуется совместная гармоничная работа различных групп. Поэтому в ходе организации решения требуется знание характе-

ристик человеческих отношений, способов разделения труда и координации. Здесь особенно важным является понимание сотрудничества отдельных лиц, групп (заводов, предприятий, отраслей народного хозяйства, стран) и участие (пусть в небольших размерах) в этом сотрудничестве. Молодежь, которая уже в школе знакомится с радостью совместной работы, которая осознает, что результат координированной групповой работы больше (также для каждого человека), чем сумма частных дел, окажется в последствии подготовленной к групповой работе, бригадному движению (формально и по содержанию!).

На этапе выполнения плана требуется дисциплинированное поведение, «конвергентное» мышление. Без этого даже самая блестящая идея, самый хороший план остается мечтой.

Групповое выполнение работы (если оно контролируется по этапам, а также имеется самоконтроль) учит дисциплине и самодисциплине. Поэтому в ходе деятельности следует предъявить строгие требования к ученикам относительно качества и количества выполненной работы.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

На результатах производственной деятельности, осуществляемой в школе, начинается обучение тому, как надо оценивать продукцию на основе ее следующих характеристик: общественной пользы, целесообразности, экономичности, красоты, совершенства.

В ходе такой оценки следует опираться на экономические знания.

Названная последней характеристика — совершенство — в сущности означает анализ как созданного продукта, так и функции, которую он удовлетворяет. Следует на практике довести до сознания учеников, что «человек является существом, создающим средства производства», поэтому он никогда не может быть (окончательно) удовлетворен своей продукцией. В ходе такого анализа следует фиксировать и обратную связь с работой по постановке проблем. Нужно заметить, что каждое конечное состояние заодно представляет собой и начальное состояние, что каждое созданное средство в ходе его использования выявляет и разницу между существующим и желаемым состоянием. Новые потребности, осознанные в ходе использования того или иного предмета, заставляют человека развивать и совершенствовать существующие средства.

ПРИЛОЖЕНИЯ

I. Содержание учебного пособия «Техника» для 1-го класса гимназии. Авторы — М. Керестеши и Э. Сюч.

1. Преобразование вещества и энергии.

Преобразование вещества. Энергия. Энергоснабжение домашнего хозяйства. Производство энергии. Электрическая сеть. Сохранение энергии. Отношения между элементами. Система и подсистемы. Взаимодействие со средой. Поиск дефектов. Передача энергии. Ток. Изоляторы. Полупроводники. Первичные параметры. Изменение во времени. Экстенсивные параметры. Характеристики передачи. Выходная мощность. Непрерывный и дискретный выход. Характеристики системы.

2. Измерение.

Восприятие. Границы восприятия. Потребность в измерительных инструментах. Преобразование. Характеристики систем измерения. Объем и единицы измерения. Данные измерения. Ошибки измерения. Диоды (практические занятия).

3. Усилители.

Для чего нужно усиление? Выходная мощность. Электронные усилители. Магнитофон (описание).

4. Управление.

Действие системы. Проблема управления. Примеры управления. Блок-схемы управления. Релейные цепи (практические занятия). Программное управление. Использование магнитных носителей информации (практические занятия).

5. Замкнутые управляющие контуры.

Проблемы регулирования. Управляющие контуры. Обратная связь. Элементы контура с обратной связью. Примеры.

II. Содержание учебного пособия «Техника» для 2-го класса гимназии. Авторы — Р. Вади, Э. Кирхкнопф, Э. Сюч.

1. Элементы.

Цели анализа систем. Представление об элементах. Выбор основных характеристик и подходов к анализу. Системотехника. Картирование процесса. Стандартизация элементов.

2. Системы.

Семья. Машина, Производство. Жилой дом. Транспорт. Информационные системы.

3. Большая система.

Подсистемы. Процессы. Город как пример большой системы.

4. История техники.

III. Содержание пособия для подготовки преподавателей по курсу «Техника и системы». Автор Э. Сющ.

1. Техника.

Определение техники. Техническая культура. Значение общей культуры. Представление о технической среде. Анти-технические ориентации. Технократическая ориентация. Система знаний техники как учебного предмета. Развитие техники.

2. Техника и научные дисциплины. Методы научных дисциплин. Метод техники.

3. Энергодинамика.

Состояние. Взаимодействие. Экстенсивные и интенсивные параметры. Параметры состояния. Равновесие. Математическая модель.

4. Система.

Определение системы. Теория систем. Системный подход. Функции системы. Структура системы. Системный анализ. Системный синтез. Типы систем.

5. Моделирование технических систем.

Определение модели. Типы моделей. Подобие. Техническое моделирование.

6. Типы проблем и задач в технике.

Задача и проблема. Определение проблемы. Метод решения проблем. Действие.

7. Техника как учебный предмет.

Необходимость предмета. Цели преподавания. Отношения к другим предметам. Специфические методы.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ

НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ И СИСТЕМНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

А. В. КАЦУРА

За последние три четверти века наука прошла гигантский путь, равный, если мерить объемом произведенной информации, многим столетиям. При этом не только появилось множество новых результатов — заметно изменилась сама структура научного знания, сделавшего важные шаги по пути общенаучного синтеза, что оказалось существенным для более полного и целостного понимания мира и человека. Одним из наиболее характерных процессов этого периода явилось возникновение и быстрое развитие новых относительно самостоятельных областей познания, стоящих на более высокой ступени абстрагирования, нежели традиционные естественные дисциплины, и формирующих свой предмет не столько за счет изучения вещей и их свойств, сколько за счет исследования отношений между объектами самой различной природы. Таковыми прежде всего явились кибернетика, теория информации, теория решений, работы по созданию искусственного интеллекта. Эти направления не только расширили фронт исследований — они заполнили существовавшие до той поры известные пустоты между философией и естествознанием. Наконец, они обозначили широкое поле взаимодействия наук о природе и наук об обществе, причем в качестве центрального момента здесь можно отметить реальный выход широкого комплекса наук к проблеме человека.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Одной из ведущих черт системного мышления является осознание первостепенной важности взаимодействия частей в создании целого, понимание этого взаимодействия как ре-

ального и весьма важного феномена. Значимость философского принципа системности очевидна. Даже если понимать системный подход как комплекс сугубо методологических приемов, все равно его развертывание означает диалектическое сближение гносеологии и онтологии [21, 22].

Распространение системного подхода, актуальность системных исследований обычно связывают с возникновением в последние десятилетия особых комплексных, многосторонних проблем, не поддающихся традиционным монодисциплинарным и аналитическим приемам и методам, а также с практической необходимостью изучения систем сложных и сверхсложных, чем наука прошлого как будто бы не занималась или же занималась существенно меньше. Такая в общем и целом справедливая постановка вопроса все же обладает определенной односторонностью, что в известной мере делает ее уязвимой для критики и дает основания для споров об исторических границах системного подхода и о критериях системности тех или иных проблем. Так, например, с некоторых позиций можно посчитать системными проблемы, скажем, строительства флота Петром Великим или же финансовой реформы Кольбера, и тогда останется только удивляться, почему эти объективно существовавшие проблемы не породили адекватных системных методов (первая точка зрения), или же, напротив, усмотреть в идеях и действиях соответственно русских и французских чиновников и ученых той поры элементы системности (вторая точка зрения). Подобная логика может завести нас куда угодно, вплоть до античных времен, где можно при желании найти как объективные, так и субъективные (последние преимущественно) предпосылки системных взглядов. Действительно, ведь еще античным мыслителям, несомненно, были присущи системные представления [6]. И для того чтобы преодолеть аморфно-историческое соскальзывание и обосновать интуитивно приемлемую точку зрения, согласно которой подлинно системные исследования развернулись во второй половине XX столетия, а до этого были лишь пред- и протосистемные подходы, необходимо найти четкий критерий, отделяющий зрелую стадию системных исследований от стадии предварительной. По нашему мнению, выявление подобного критерия возможно лишь с позиции единства объективных и субъективных предпосылок. Важно заметить, что именно в наше время возникло определенное соответствие, совпадение объективных задач (сложные, комплексные проблемы экономики, экологии, социологии и политики) и субъективных возможностей эти задачи

решать (появление новых научных средств — методологических, математических и кибернетических разработок, эффективной вычислительной техники).

Но сказанного мало. Необходимо еще выделить системный подход на фоне нынешней науки, понять его роль в тех сложнейших и динамичных процессах, которые отличают современное научное познание. Разумеется, на эту тему за последние годы много написано. Тем не менее остается немало вопросов, интерес к которым растет. Сказанное относится и к системному пониманию прогностической деятельности, и к проблеме существования системных законов, и к вопросу о взаимосвязи системного подхода с современной научной революцией.

О какой, собственно, революции идет речь? Видный современный ученый И. Р. Пригожин в книге «От бытия к становлению. Время и сложность в физических науках» пишет, что сейчас наука переживает период революции, сравнимой по размаху с антично-эллинской и галилеевской революциями [28]. Речь идет, по существу, о широком проникновении в объективированное научное познание диалектических идей, гуманистических представлений, ценностных установок и нравственных исканий субъекта [25]. В этом сложном процессе можно зафиксировать и ряд локальных моментов, доступных для конкретного методологического рассмотрения, в частности проблему новой трактовки таких важных понятий, как развитие, время, свобода, закон природы, прогноз, система и элемент. Для того чтобы рельефно увидеть здесь новые аспекты, необходимо обратиться к истории классической науки. Видные мыслители XVI — XVIII вв., провозгласив идею господства человека над природой, положили начало классическому естествознанию. Постепенно возникла концепция мира как огромного движущегося, но в принципе неизменного механизма. Книга природы написана на языке математики, говорил Галилей. Обычно в этой фразе обращают внимание на блестящую мысль о важности математического исследования природных явлений. Посмотрим, однако, на время глагола. Это время совершенное. Книга уже написана. Познающему субъекту осталось лишь расшифровать эту объемистую книгу. Подчеркнем, что эта установка еще жива в современной науке, а в физике только сейчас намечаются новые тенденции, прежде всего в космологии; — идеи эволюции галактик, Большого взрыва, расширения вселенной. Что же касается ученых той поры, то им, конечно, трудно было представить себе, что эта книга только пишется.

Интересен такой момент: если природа бесконечна (как Галилей и доказывал), то книга природы может оказаться конечной (в смысле содержания ограниченного числа фундаментальных законов, определяющих все богатство бытия). Характерно, что некоторые крупные физики конца XIX в. разделяли иллюзию почти полной завершенности физики как раз накануне сильнейших научных потрясений.

Итак, если наука нового времени понимала свою задачу как расшифровку уже написанного, то, стало быть, не возникало задачи представить природу как процесс становления, развития. Жесткое методологическое и философское ограничение оказалось исключительно плодотворным. Механистическое мирозерцание во многом определило успехи классической механики, классического естествознания. Но всякое самоограничение должно быть чем-то оплачено. В данном случае, говоря об отказе от идеи развития, следует упомянуть о вытекающей из такого отказа геометризации времени. Д'Аламбер еще в середине XVIII в. заметил, что время входит в механику как геометрический параметр. Ось, направленная в будущее, ничем не отличается от любой другой оси. Ни метафизическая по духу философия нового времени, ни классическое естествознание не ставили в качестве научной задачи проблему изучения будущего, вот почему в рамках классической науки не могла возникнуть прогностика как научный метод. Как замечает И. Р. Пригожин, времени и изменениям научный подход той эпохи уделял куда меньше внимания, чем искусство [28]. Исаак Ньютон так же гордо, как и про гипотезы, мог бы сказать: прогнозов не измышляю. Справедливости ради надо сказать, что ученые той поры и не вправе были это делать, ибо наука, как и человечество в целом, обычно ставит перед собой только те задачи, которые способна разрешить. Разумеется, классическая механика, как и всякая другая хорошая научная теория, была прогностична (предсказательна): с ее помощью можно было предсказывать события, которые должны случиться в сравнительно простых «жестких» системах. Необходимо, однако, заметить, что предсказание здесь не есть предсказание будущего, не есть прогноз. Даже если мы определяем положение, допустим, луны на сто лет вперед, мы не делаем предсказания (прогноза). Это утверждение может показаться странным. Дело же вот в чем: луна жестко «вписана» в свою орбиту, совершает однообразные циклические движения, подчиняясь строгому динамическому закону. Расчет ее движения основан на стационарности ситуации, на инертной стабильности, на отсутствии новизны. Новизна в данном случае

могла бы выразиться в возмущении орбиты, в распаде луны как единого тела и т. п., новизна всегда связана с необратимостью, с неустойчивостью, с нестандартными, плохо предсказуемыми (или вообще непредсказуемыми) отклонениями. Возникшая на основе классической механики идея о возможности абсолютного предсказания будущего (демон Лапласа) на самом деле оказалась иллюзорной, поскольку эта идея опиралась на концепцию мироздания как жестко детерминированной, относительно простой динамической системы [20]. Те предсказания, которые способна сделать подобная динамическая теория, скорее напоминают развертку в пространстве, нежели выход в реальное будущее. И дело заключается не просто в переходе к вероятностным представлениям (вероятностный подход дал не так уж много прогностической практики); в значительной мере вероятностный подход означал только лишь перевод довольно жесткого детерминизма на другой уровень, когда закон задавал не распределение самих частиц, но распределение вероятностей их появления. Проблема оказалась существеннее, нежели смена математических аксиом.

Существование динамических миров с геометризованным временем требует в качестве основания одну принципиальную идею — наличие элементарных объектов, не только неделимых, но и вообще лишенных какой-либо внутренней структуры и сложности (материальная точка механики, или же «кирпичик» мироздания, — при более общем физикалистском подходе). Почему это требование принципиально? Потому что оно «страхует» стройную динамическую систему от неожиданностей на исходном структурном уровне. Если материальные точки сами подвержены изменениям, если они способны спонтанно распадаться или даже взрываться, рушится идеал лапласовского мира. Поневоле приходится наблюдать изменчивость и сложность на том последнем рубеже, на котором наука пыталась от них избавиться. Характерно, что явление радиоактивности В. И. Вернадский назвал открытием «бренности атомов»¹ [5, с. 58]. Попытки избавиться от сложности хотя бы на чисто теоретическом уровне были связаны, в частности, с доктриной редукционизма. Доктрина оказалась живучей. «...Вера редукциониста в единство физической картины мира, которая в принципе сводима к каким-то первичным элементам, не пошатнулась», — заме-

¹ Современная физика продвинулась дальше — до идеи «бренности» протонов. Оказывается, протоны распадаются, и теория предсказывает, что этот процесс должен завершиться примерно через 10^{32} лет,

чает А. Рапопорт [20, с. 53]. Нам, правда, кажется, что все же современный редукционизм выглядит более гибким, более терпимым, он вынужден мириться с системными, целостными представлениями по крайней мере как с дополнительным подходом. Здесь важно подчеркнуть, что отказ от сугубо редукционистского элементаризма тесно связан с отказом от геометризованного, механического времени, с выходом ко времени живому, сложному, наполненному изменениями и превращениями.

Перед наукой прошлого века стояла важная задача: исследовать процессы развития, причем не философскими и тем более не натурфилософскими приемами, а средствами естествознания. Эта задача была решена, причем практически одновременно были открыты сразу два типа эволюции. Физики Клаузиус и Больцман, сформулировав и глубоко проанализировав второе начало термодинамики, обрисовали эволюцию рассеивания, деградации, распада (от сложного к простому). Биолог Дарвин вскрыл механизм эволюции противоположной — прогресса и самоорганизации живых систем (от простого к сложному).

Нелишне обратить внимание, что обе эволюции были открыты при изучении поведения систем: энтропийная эволюция — при исследовании относительно более простых термодинамических систем, биологическая — при попытке осмыслить сложнейшие формы функционирования систем живых. Можно поэтому высказать предположение, что подспудно оформление системных идей неразделимо со становлением в естествознании идей эволюции. Термодинамика в явном виде показала необратимость времени. Не случайно термодинамическая стрела в современной космологии всегда упоминается первой (наряду с электромагнитной и космологической). На наш взгляд, история биосферы по-своему, но не менее ясно демонстрирует необратимый характер времени. И хотя биосфера знала в своей долгой истории различные кризисы, в целом на протяжении миллиардов лет она развивается прогрессивно². В целом вопрос о биосферном времени сложен. По меньшей мере, в биосфере имеет место некая суперпозиция циклического и разомкнутого времени. «В основе иерархической организации биосферы лежат колебательные (периодические, ритмические, циклические) про-

² Справедливости ради надо сказать, что на протяжении трехмиллиардной истории развития биосферы появилось лишь одно серьезное препятствие. Это препятствие — ее собственное порождение, человеческое общество.

цессы, синхронизирующиеся на всех структурных уровнях биологических систем», — пишет В. А. Абакумов [1, с. 164].

Заметим далее, что методология системного подхода, довольно точно реагируя на запросы нынешней научной революции (отказ от редукционистского элементаризма, освоение сложных форм времени, выход к проблемам человека, гуманитаризация знания), выступает вкупе с материалистической диалектикой и отражает исторически становящееся единство субъекта и объекта, ценности и истины, человека и природы [12, с. 37]. Говоря же о переходе современного познания от «парадигмы бытия» к «парадигме становления», отметим, что речь идет не столько о становлении природы как таковой, сколько об изменении природы человеком в том смысле, как это понимал К. Маркс.

Характеризуя зрелую стадию системных исследований, Дж. Клир говорит, что она знаменует переход от одномерной науки, базирующейся на эксперименте, к некоей двумерной науке, где системный подход, ориентированный преимущественно на отношения, постепенно становится вторым измерением науки в целом [15, с. 83]. Соглашаясь с этим выводом, мы можем отметить, что, преодолевая крайности разведения природного и социального, системное естествознание как бы заново открывает человека, а также объективную основу взаимосвязи наук о природе и наук об обществе.

Вспомним одну из принципиальных установок предсказания, утвержденных классической наукой. Все изменения закономерны, и, чтобы постигнуть грядущее, надо открыть закон этих изменений. Однако для сложных и тем более сверхсложных систем мы просто не умеем находить и формулировать ясные однозначные законы. Проблематичной является и сама возможность существования «простых» законов, описывающих поведение сложных, размытых, «диффузных» систем [7, 9].

Понятие закона можно определять — и часто оно определяется — по-разному. Для того чтобы почувствовать различие между традиционным пониманием законов природы (как абсолютно принудительных регулятивов) и трактовкой, которая только лишь возникает в современной методологии науки (диалектической, системной), введем понятия *правильных* и *неправильных* процессов. Правильным процессом назовем процесс, произвольно долго подчиняющийся изначально установленной системе законов (в данном случае

неважно, динамических или вероятностных). Соответственно неправильные процессы — это такие процессы, которые могут подчиняться первоначальным законам, а могут и не подчиняться, спонтанно изменяя характер поведения. Процессы, для которых точки расщепления, точки неожиданных поворотов встречаются постоянно и часто, можем назвать сугубо неправильными процессами.

Вопрос: реальны ли неправильные процессы? Несомненно, что представители классического естествознания мыслили мир как правильный процесс. Сегодня эта точка зрения уже не является общепринятой. Современная наука шаг за шагом вынуждена признавать реальность неправильных процессов (в первую очередь в мире сложных систем), в связи с чем и встает задача разработки новых познавательных средств. Разумеется, при попытке интерпретировать неправильные процессы возникает много философских и методологических вопросов. Прежде всего не означает ли признание неправильных процессов уступку индетерминизму? Ответ здесь может быть таков: после точки поворота, расщепления (бифуркации) процесс не становится хаотичным, он больше не подчиняется старому закону, но начинает соответствовать какому-то новому закону, возможно представляющему стадию развития закона прежнего. Таким образом, речь идет о том, что и законы природы могут быть подвержены изменениям, развитию. Разумеется по отношению к современной форме физико-космологических законов это не более чем гипотеза, однако, по-видимому, она имеет право на существование³. Пока мало кто из физиков сомневается в неизменности фундаментальных законов и констант, но все же некий парадокс ощущается. Все подвержено изменениям и развитию, а фундаментальные законы нет. Но, может быть, основополагающие законы типа законов сохранения «правильны» лишь на протяжении жизни нашей Метагалактики? Рассуждая о первых мгновениях Вселенной, говорит английский физик Д. Уилкинсон, мы попадаем в область сплошных домыслов относительно времени и пространства; поэтому пока лучше не обсуждать эти вопросы [23, с. 28]. Не будем анализировать столь сильные предположения, как изменчивость фундаментальных законов. Нам достаточно лишь допустить свободу выбора, возникающую в определенный момент у сложной системы, чье поведение детерминируется столь богатым набором законов, что ее отклик на внешнее возмущение стано-

³ Вопрос об изменчивости законов, о их эволюции поставил еще А. Пуанкаре в своих «Последних мыслях» [19, с. 407—420].

вится неоднозначным, а возврат к начальным условиям не-обязательным. С общей точки зрения правильные процессы ориентируются на упрощенное время и в этом смысле соответствуют однообразной цикличности, т. е. они не знают развития как появления эмерджентности, новизны. Неправильные процессы, напротив, полны жизни и неожиданности. Можно сказать поэтому, что всякое творчество, подлинные инновации — это результат неправильных процессов. В этом плане по-новому высвечивается известный парадокс предсказания творческих открытий. Добавим, что из этих рассуждений можно вывести специфический критерий для различения простых и сложных систем (для наблюдателя). Простые системы — те, которые ведут себя как правильный процесс достаточно длительное время (по часам наблюдателя). Сложные — это системы, которые некоторое время ведут себя как правильный процесс, но довольно быстро переходят в процесс неправильный. (Здесь можно усмотреть связь с форрестеровским принципом контринтуитивного поведения сложных систем. Обычно естествоиспытатель-теоретик изучаемую систему представляет принципиально правильным процессом. Вполне понятно, что подобный прием мог работать в астрономии, в ряде областей физики (вплоть до электродинамики Максвелла) ⁴, но он весьма мало подходит к биологии и может оказаться несостоятельным при изучении процессов, идущих в обществе (исключая строго ограниченную область инженерно-технического знания).

Говоря обобщенно, мы можем заключить, что предсказание поведения простых систем (правильных процессов) в достаточной мере способно опираться на некоторую сумму установленных законов. Дальнейшее — дело техники сбора данных и соответствующих вычислений. Предсказание же поведения систем сложных, помимо законов (действие которых в лучшем случае ограничено), должно опираться на что-то еще. Помощь в данном случае приходит со стороны моделирования. Основной опорой является уже не закон, а прогноз, прогностическая модель [14]. При этом возникает одна тонкость: как бы ни был сложен и «неправильен» оригинал, отражающая его модель обычно детерминированна. В противном случае была бы невозможна прогностическая трансформация этой модели, т. е. ее быстрое искусственное

⁴ Интересная историко-психологическая деталь: имеются данные, что после революции в оптике XIX в. (первых отдаленных раскатов кризиса классического мировоззрения) П. Лаплас переживал глубокий интеллектуальный кризис [2].

развитие для своевременного получения прогностической информации. Более того, эти модели обычно детерминированы даже не статистическими, а вполне однозначными динамическими законами. Последнее относится и к стандартным системам дифференциальных уравнений, и к системной динамике, и даже к моделям теории катастроф. Не возникает ли в таком случае противоречие между оригиналом и моделью? Возникает. Однако устранить его можно (точнее говоря, приходится перманентно устранять в процессе моделирования). Для этого можно использовать следующий способ. Всякая сложная система являет собой переплетение различных способов детерминации (от жестких до статистических и неопределенных). При моделировании осуществляется выбор существенных параметров поведения системы независимо от того, какому уровню они присущи, а уже затем из этих параметров с помощью математического аппарата конструируется детерминированная (в идеале жестко, динамически) модель. Речь идет как бы о выявлении «жесткого поведенческого каркаса» размытой диффузной системы. Этот способ целесообразен до той поры, пока в некоторых пределах устойчивости «каркас» более или менее адекватно отражает жизнь системы. За пределами этой устойчивости траектории поведения системы и модели могут резко разойтись (см. [8, с. 112]). Для устранения подобной дивергенции необходимо постоянно сверять жизнь оригинала с особенностями модели и своевременно видоизменять модель, что практически осуществляется в ходе компьютерного моделирования методами человека-машинного диалога.

ПРОБЛЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ СИСТЕМНЫХ ЗАКОНОВ

Хотя методологический статус понятия закона при исследовании сложноорганизованных объектов претерпел заметное изменение, это не означает, что в этой области он может быть подвержен элиминации. Скорее можно наблюдать противоположный процесс, например не раз возникавшую в русле системных идей программу поиска неких системных законов (М. Петрович, А. А. Богданов, Л. фон Бергаланфи, Дж. М. Вейнберг и др.). Характерно, что этот процесс имеет место наряду с вполне наблюдаемым сдвигом в системной методологии от таких понятий как теория и закон, к таким, как модель и прогноз (см. [12, с. 27—31]). Если тут и есть противоречие, то это противоречие диалектическое. К тому же если принимать достаточно широкое понятие закона, то становится ясно, что никакая методология (в том числе и

системная) от этого понятия отказаться не может. Более того, можно найти достаточно весомые аргументы в пользу упомянутой программы и даже указать на ряд сформулированных в рамках отдельных наук законов, которые эти рамки перерастают и вполне могут претендовать на статус законов системных.

Прежде всего отметим особую синтезирующую роль того класса законов, который мы будем называть системным. Известно разделение законов на законы функционирования и законы развития. Их формулирование может осуществляться в основном следующими путями: индуктивное обобщение принципов и законов наук об относительно простых системах (наук о неживом: физика, химия, геология, геофизика, геохимия), наук о естественных сложных системах (биология, биогеохимия, экология и т. п.), наук о сложных системах социального характера (обществознание), а также дедуктивное выведение из принципов диалектики и положений математики. Таким образом, системные законы могут выступать как некий синтез философских и математических абстракций, с одной стороны, законов конкретных наук — с другой.

Где в условном методологическом «пространстве законов» должны располагаться законы системные? Их можно поместить между положениями и принципами диалектики и достаточно общими фундаментальными физическими законами. Для более точного понимания, почему именно сюда попадают системные законы, имеет смысл привести всю «пирамиду» законов, описывающих познаваемую реальность. На самом вершине пирамиды мы помещаем законы философские. Ниже уровнем — законы системные. Еще ниже — законы физические. Далее — геологические (законы геосферы, шире — планетосферы). Еще ниже — законы биосферы. И наконец, в основании — законы социосферы. Основное свойство этой пирамиды заключается в том, что законы любого уровня действуют на всех нижележащих уровнях и не оказывают действия на вышележащие. Так, например, законы физики справедливы и для биосферы и для общества. Физическая же реальность безразлична к законам биологии и социума (последнее, правда, справедливо до той исторической поры, когда человек начинает управлять природным окружением). Вторая особенность описанной пирамиды — вертикальные токи. Системные закономерности действуют на многих уровнях, везде проявляя свою специфику. Подчеркнем, далее, что законы таких наук, как кибернетика, семиотика, мы включаем в класс системных законов, хотя это может выглядеть

спорным и требовать какого-то более тонкого разграничения, для нас в данном случае несущественного. Вот почему мы можем привести в качестве примеров системных законов, уже зафиксированных в науке, и кибернетический закон необходимого разнообразия [27], и закон «организационной деградации» Г. Ф. Хильми [24], и принцип Кюри—Пастера (в формулировке В. И. Вернадского) [5, с. 148—150].

Л. фон Берталанфи заметил в свое время, что системные исследования выявили наличие системных законов, которые проявляются в виде аналогий, или «логических гомологий», — законов, представляющих формально идентичными, но относящихся к совершенно различным явлениям или даже дисциплинам [4, с. 26]. Широкий поиск междисциплинарных аналогий, логических гомологий — один из наиболее естественных путей выявления законов системного уровня. Приводя далее несколько более подробное рассмотрение возможных системных закономерностей, мы в основном будем опираться именно на этот метод (в наиболее общей его форме).

Закон энтропии: системное обобщение. Второе начало термодинамики продолжает волновать воображение ученых и философов. Еще Больцман дал весьма широкую трактовку этого закона: все процессы стремятся к состоянию с наивысшей вероятностью. Неудивительно, что в такой формулировке он мог применяться практически в любой области. Л. Бриллюэн дал живой пример проявления второго начала в каналах связи. Допустим, говорит Бриллюэн, я посылаю коллеге по телеграфу текст теоремы, которую доказал вчера вечером. Вполне возможно, что из-за помех на линии к нему придет настолько искаженное сообщение, что доказательство покажется неубедительным, а то и вовсе непонятым. Однако совершенно невероятно такое событие: посылается телеграмма примерно такого содержания: «Вот теорема, которая кажется мне правильной, но которую я никак не могу доказать», — а в результате случайных искажений коллега получит прекрасное ее доказательство.

В последнее время в связи с обострением интереса к экологической проблематике делались попытки рассмотреть в обобщенной форме действие второго начала термодинамики в экосистемах самого различного уровня [10, 11, 13]. Подчеркнем, что попытки приложения общих теорий к конкретным областям существенны не только для этих областей, но и для самих теорий. Так, например, энтропийно-информационный подход к глобальной деятельности человека может выявить действительную трудность для термодинамики, если удаст-

ся показать, что человечество в состоянии в процессе развития культуры произвести больше информации, чем дает негэнтропия Солнца, что в итоге может потребовать пересмотра некоторых фундаментальных физических представлений [13, с. 314—316]. Не исключено, что в рамках нелинейной термодинамики и синергетики элементы подобного пересмотра уже зреют. Желание осмыслить процессы прогрессивного развития систем неоднократно толкало ученых к поиску закономерностей, противостоящих второму началу термодинамики хотя бы в плане чисто логических конструкций. Так, П. Г. Кузнецов указывает на логическую возможность следующих двух противоположных формулировок: А. Всякая неравновесная система эволюционирует к состоянию равновесия. Б. Всякая неравновесная система эволюционирует от состояния равновесия [16, с. 125—126]. Интересны такие выводы автора: формулировка А означает, в частности, что с течением эволюции неравновесной системы к состоянию равновесия для нее исчезает понятие времени; напротив, из формулировки Б следует, что с течением эволюции неравновесной системы от состояния равновесия понятие времени не исчезает, а делается актуальным. Последнее свидетельствует о росте влияния фактора времени в человеческих системах.

Довольно прозрачно просматривается связь второго начала термодинамики с инновационными процессами. Дело в том, что всякая инновация (если она подлинная) означает рост информации в системе. Сам же этот рост неизбежно должен быть оплачен еще большим ростом энтропии в каких-либо подсистемах системы или же в ее среде. Поскольку рост энтропии есть синоним дезорганизации и разрушения, всегда необходимо ставить вопрос о цене той или иной интенсификации, того или иного нововведения, имея в виду, что даже для сложных и масштабных экономических ситуаций возможно найти достаточно приемлемые количественные оценки. Анализ указанного противоречия в конечном итоге приводит к пониманию, что чистая интенсификация является иллюзией и что на самом деле вопрос должен быть представлен как единство интенсивного и экстенсивного, хотя составляющим этой пары могут быть приданы существенно различные удельные веса. Фактически можно говорить лишь о преимущественно интенсивном развитии на определенной стадии, на некотором этапе (развития экономики, например). Более того, широкая системная оценка процессов интенсификационных и инновационных позволяет сделать вывод, что иные нововведения, представляющиеся вполне полезны-

ми с некоторой узкой точки зрения, в силу неустранимых энтропийных эффектов (могущих проявиться в другом месте и в другое время) способны оказаться сугубо вредными в более широком контексте (нетрудно привести примеры подобных негативных эффектов в экономической и особенно в экологической сфере). Таким образом, абсолютно необходимо научиться заранее (прогностически) определять те локальные области, подсистемы и элементы, ценой деградации или даже разрушения которых достигается итоговый прогресс в интересующей нас системе. Первостепенно важно, чтобы такие области находились далеко от жизненных центров системы (см. [10]).

Гипотеза «закона индуцированной реакции». Немалый интерес для системного обобщения представляют такие естественнонаучные законы, как правило Ленца (говорящее о том, что индукционный ток всегда стремится компенсировать породившее его изменение магнитного поля) и принцип Ле Шателье—Брауна (внешнее воздействие, выводящее систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия). Оба правила наводят на мысль о возможности существования общесистемного закона, суть которого можно передать такой, например, формулировкой: внешние или внутренние причины, изменяющие систему, индуцируют такое противодействие системы, степень которого находится в прямой зависимости от скорости вносимых изменений и тех характеристик самой системы, которые определяют ее устойчивость. При этом реакция системы может быть обращена как вовне (в среду), так и внутрь (на собственные подсистемы). Эту закономерность, вскрывающую механизм консервативности, в той или иной мере присущей любой системе, можно наблюдать на обширном эмпирическом материале, охватывающем поведение физических, биологических и социально-экономических систем. Если коснуться последних, то можно заметить, что ни одна социальная или же экономическая революция не миновала стадии, когда ей противодействовали некие реакционные силы (субъективные и объективные), уровень которых мог достигать значительных масштабов. При этом, как правило, противодействие бывало тем большим, чем резче были первичные изменения.

Возможны такие ситуации и такие условия, когда при очень быстрых насильственных изменениях реакция системы может достичь очень высоких значений, на много порядков превосходящих силу первичных воздействий, что открывает путь для сильных и порой необратимых разрушений в самой си-

стеме⁵. Уже на этой стадии анализа предлагаемый закон позволяет покончить с иллюзиями волюнтаристски сверхбыстрых изменений типа «экономического чуда» или «большого скачка». При насильственной попытке быстро (нереальными темпами) перевести экономическую, скажем, систему на более высокий уровень, обычно возникают столь мощные объективные и в значительной мере неожиданные силы противодействия, что они могут отбросить систему далеко назад. Практическое применение закона «индуцированной реакции» по отношению к сложным реальным системам ориентирует на тщательное изучение реальных свойств конкретной системы, причем наибольший простор здесь открывается методам системного моделирования.

Гипотеза «закона периферийного развития». Предположение о законе, в соответствии с которым новое возникает на периферии систем, выдвинул Г. А. Багатурян на основе анализа и обобщения многочисленных высказываний по этому поводу К. Маркса [3]. Осмысливая эту гипотезу, заметим, что самые разнообразные примеры подтверждают ее. И в социальном, и в биологическом, и даже в мире неживой природы мы сплошь и рядом можем наблюдать, что новое появляется на границе устоявшейся системы, вдали от центров, нередко в зонах контакта различных по характеру систем.

Особый характер пограничных явлений обращает на себя внимание уже в физике. Здесь можно упомянуть используемые в технике эффекты на границах раздела фаз, в тонких пленках. Можно сказать, что почти вся современная электроника (полупроводниковая, твердотельная) базируется на граничном явлении — на знаменитом $p-n$ -переходе, являющем собой зону контакта дырочной и электронной проводимости. Перечень физических примеров можно было бы продолжить, однако вопрос о развитии, о становлении нового приобретает более определенную окраску, когда мы переходим к рассмотрению эволюционных систем биосферы и социума. Здесь прежде всего можно заметить, что жизнь и разум возникли на «периферии» планеты (т. е. на внешней ее сфере), в зоне богатых контактов твердой, жидкой и газообразной сред при постоянном воздействии солнечной и космической радиации. Добавим, что сторонники антропного принципа в современной астрономии указывают на то обстоятельство, что на краю (периферии) Галактики, где находится

⁵ Пример, могущий показаться неожиданным: невинная пыльца растений способна вызвать быстрый отек бронхов и гибель страдающего аллергией человека. Аллергия как раз и представляет собой сильный отклик организма на незначительное воздействие.

наше Солнце, существуют значительно более благоприятные условия для происхождения и поддержания жизни, нежели в центральных зонах, ближе к ядру Галактики, где слишком много жестких излучений и астрономических катаклизмов.

Наибольшее количество примеров дает история человеческого общества⁶. Уже первичный анализ обсуждаемого закона приводит к довольно очевидной мысли, что периферия в силу своих особенностей слабее сопротивляется новому, оказывается менее консервативной, нежели центры. Где, например, впервые пробилась ростки капиталистического способа производства? Можно полагать, что это случилось в Северной Италии, во Флоренции и Венеции, где-то на границе между папистским Римом и королевским Парижем. Элементы торговой республики возникали в Новгороде, на границе между центральными русскими княжествами и периферией тогда еще феодальных немецких и шведских земель. Подобных примеров, включая экономику, политику, этнографию, этнологию, культурологию, можно привести во множестве. Возникает вопрос о механизме этого интересного закона. Одновременно с выявлением механизма необходимо уточнить общий смысл таких важных для нашего контекста понятий, как периферия и центр.

Всякий процесс представляет собой некоторую узловую линию. Узлы — это сформировавшиеся состояния. Они относительно устойчивы и в этом смысле отрицают сам процесс как дальнейшее течение, как непрерывное изменение. Процесс же в силу присущей ему динамичности стремится отрицать собственные устойчивые состояния, взрывая их статус кво, переводя их в иную стадию (более высокую, если развитие прогрессивно). Вообразим некое абстрактное пространство разворачивающегося процесса, где в некоторых точках возникают узлы промежуточного развития уже как пространственные образования. Это некие устойчивые объекты, относительно развитые и, следовательно, обладающие средствами защиты от изменений. Это до известной степени стабильные и даже консервативные очаги и ядра. Именно эти очаги и ядра в тех или иных реальных пространствах мы определяем как центры. Например, в историко-географическом плане это прежде всего города, центры провинций или же целых империй, средоточие культуры, управленческих организаций, «стражи» политической стабильности. В плане, например, научном это университеты и академические учреж-

⁶ Можно сослаться на доклад о законе «периферийного развития», прочитанный Г. А. Багатурян в феврале 1984 г. во ВНИИСИ.

дения. (Здесь, конечно, допущено некое упрощение, ибо при ближайшем рассмотрении эти научные организации сами подразделяются на «консервативные центры» и «революционную периферию», так что путь для нового отнюдь не закрыт и в университетах, и в академических институтах, хотя преграды тоже не выдумка.)

Если далее принять, что в силу принципа саморазвития везде и всегда возникают ростки нового, объективно пытающиеся перевести ту или иную систему на более высокий уровень (прежде всего через отрицание наиболее отживших ее черт), то, очевидно, им труднее пробиться как раз в «центрах», где имеет место тяга к устойчивости, где отлажены механизмы противодействия разрушающим или изменяющим тенденциям. Значительно же легче — на периферии.

Возникает интересная корреляция между законом периферийного развития и системным обобщением закона энтропии. Мы видим, что новое легче возникает и развивается в неоднородной, неравновесной системе, где явно выражено различие между центрами и периферией. Но как раз в согласии с нелинейной термодинамикой сильнонеравновесная система способна эволюционировать к состоянию еще большей неравновесности. т. е. к состоянию с меньшей энтропией.

* * *

В соответствии с общей оценкой системного подхода можно было бы утверждать, что более или менее изученный класс системных законов означал бы новое измерение законообразного осмысления действительности. В известной мере это так, поскольку системные законы по-новому и специфически призваны описать сложную реальность, отразить не только традиционные причинно-следственные моменты, но и присущие системам целевые (чего мы не коснулись, но что являет собою важную тему), уловить ряд других тонкостей, всплывающих при исследовании сложных и сверхсложных объектов самой различной природы. В частности, можно упомянуть о возможном пересмотре известного гносеологического тезиса Эйнштейна: «Природа коварна, но не злонамеренна». Этот галилеевский по духу тезис, отражающий мир «правильных процессов», справедлив до той лишь поры, пока мы изучаем мир без человека, без противодействия иного интеллекта (искусственного или, может быть, даже внеземного). Впрочем, этот тезис мало соответствует уже современной психологии, а насыщение окружающей человека среды сложными техническими устройствами (компьютеры, роботы, целые производственные линии с искусственным ин-

теллектом), несомненно, потребует гносеологической и методологической гибкости.

Итак, системные законы способны описать реальность огромного диапазона — от мыслящего мозга, социальных явлений и технических комплексов до относительно простых систем термодинамики и даже механики, доставляя новые средства познания и предвидения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов В. А.* Иерархичность организации биосферы.— В кн.: Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975, с. 159—168.
2. *Агасси Дж.* Наука в движении.— В кн.: Структура и развитие науки. М.: Прогресс, 1978, с. 121—160.
3. *Багатурия Г. А.* О специфических особенностях научного предвидения будущего в работах Маркса и Энгельса.— В кн.: Неформализованные элементы системы моделирования. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 20—30.
4. *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973.
5. *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста: Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1977. 192 с.
6. *Гайденко П. П.* У истоков понятия системы: (Пробл. единого и многого в философии Платона).— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 358—378.
7. *Ганов В. А., Фалько В. И.* Принцип дополнительности в прогностике.— В кн.: Проблемы социального прогнозирования. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ин-т, 1976, вып. 2, с. 113—119.
8. *Евин И. А., Яблонский А. И.* Модели развития и теория катастроф.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1982. М.: Наука, 1982, с. 98—130.
9. *Кацура А. В.* Дополнительность закона и прогноза.— В кн.: Принцип дополнительности и материалистическая диалектика. Обнинск, 1972, с. 56—60.
10. *Кацура А. В.* Информационные аспекты проблемы оптимизации биосферы.— В кн.: Взаимодействие природы и общества. М.: Изд-во АН СССР, 1973, с. 342—352.
11. *Кацура А. В.* Фундаментальное знание и законы экологии.— В кн.: Человек и природа. М.: Наука, 1980, с. 142—154.
12. *Кацура А. В., Келле В. В., Новик И. Б.* Философско-гносеологические аспекты системного моделирования. М.: ВНИИСИ, 1982. 58 с. Препр.
13. *Кацура А. В.* Глобальная экологическая система: Взаимодействие экологии и физики.— В кн.: Человек, общество и природа в век НТР. М.: Наука, 1983, с. 312—316.
14. *Кацура А. А.* Методологические вопросы прогностического моделирования.— В кн.: Философские основания системных исследований. М.: Наука, 1983, с. 198—221.
15. *Клир Дж.* Наука о системах: Новое измерение науки.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, 1983, с. 61—85.

16. Кузнецов П. Г. К вопросу о создании теоретической биологии.— В кн.: Новое о жизни растений. М.: Знание, 1967, с. 107—127.
17. Назаретян А. П. О месте социально-психологических законов в системе законов материалистического обществоведения.— Психол. журн. 1981, т. 2, № 6, с. 88—96.
18. Новик И. Б. К характеристике системного стиля мышления.— В кн.: Философские аспекты системных исследований. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 9—17.
19. Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1983. 560 с.
20. Рапопорт А. Различные подходы к построению общей теории систем: элементаристский и организмический.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, 1983, с. 42 — 60.
21. Садовский В. Н. Основания общей теории систем: Логико-методол. анализ. М.: Наука, 1974. 277 с.
22. Смирнов Г. А. Основы формальной теории целостности (часть третья).— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1983. М.: Наука, 1983, с. 125—151.
23. Уилкинсон Д. Как устроена Вселенная.— В кн.: Фундаментальная структура материи. М.: Мир, 1984, с. 19—61.
24. Хильми Г. Ф. Основы физики биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966.
25. Ценностные аспекты науки и проблемы экологии. М.: Наука, 1981. 278 с.
26. Эйген М., Винклер Р. Игра жизни. М.: Наука, 1979. 96 с.
27. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 432 с.
28. Prigogine I. R. From being to becoming. San Francisco, 1980.

О ДЕЯТЕЛЬНОСТНОМ ПОДХОДЕ И ЕГО МЕСТЕ В СТРУКТУРЕ ЗНАНИЯ

А. А. ОЛИЦКИЙ

В последнее время в советской и зарубежной философской и методологической литературе нередки обращения к рассмотрению познания в связи с деятельностью, что, в частности, находит выражение в разработке теории деятельности, деятельностного подхода, деятельностного принципа и т. п. (см. [12]). Ввиду того что как само понятие деятельностного подхода, так и смысл его выделения как нового методологического принципа различными авторами трактуется по-разному, представляется целесообразным уточнить понимание деятельностного подхода и определить его место в структуре знания. При этом мы не будем сопоставлять различные трактовки деятельностного подхода, выявлять их преимущества и недостатки, а сосредоточим наше внимание на аргументах в пользу следующего понимания деятельностного подхода: его суть состоит в том, что в познавательную ситуацию вводится субъект с его целями и средствами и результатом является знание в виде алгоритма, осуществление которого должно привести к достижению некоторой цели.

ТРИ ОСНОВНЫХ БЛОКА ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ СИТУАЦИИ

Современную науку можно представить как вид деятельности, регулируемой рядом требований (критериев), таких, как объективность (истинность), информативность, непротиворечивость, актуальность и эффективность (способность в той или иной степени служить целям человека), простота, формализуемость (степень формализации), эвристичность, «красота»¹ и т. п., которые в совокупности образуют определенный векторный критерий. Нетрудно видеть, что эти требования, перечисленные здесь в произвольном порядке, могут быть, по крайней мере частично, упорядочены по степени важности, например требование информативности и

¹ Трудноуловимый, «неосязаемый» характер этих критериев не означает, что их влияние мало. Кроме того, следует учесть, что даже критерии «малого веса» начинают играть существенную роль, если более сильные требования уже удовлетворены или по тем или иным причинам отходят на задний план.

истинности важнее, чем требование формализуемости, и должно быть удовлетворено в первую очередь и т. п. Кроме того, есть основания думать, что не все из перечисленных критериев независимы и одни из указанных частичных критериев порождены другими в ходе развития науки. Чтобы в первом приближении выяснить подобные отношения между частичными критериями (степень их относительной важности, приоритет, зависимость или независимость), что, как будет видно из дальнейшего, имеет определенное отношение к деятельностному подходу, рассмотрим самый общий случай теоретико-познавательной ситуации, основная задача которой, как представляется, может быть сформулирована следующим образом: исходя из целей субъекта и имеющихся в его распоряжении средств... при данном объективном положении вещей... найти такую последовательность действий... которая приводила бы к достижению поставленных целей. Многоточия здесь означают пробелы, которые необходимо заполнить в ходе соответствующих исследований.

Эта ситуация является общей, поскольку включает тот случай, когда цели (и средства) субъекта лежат вне «чисто» познавательной сферы — в практике, материальном производстве и т. п. Если же цели субъекта «чисто познавательные», то ситуация сводится просто к познанию того или иного фрагмента объективного мира, т. е. к задачам «чистой» науки. Из приведенной формулировки нетрудно усмотреть, что в этом общем случае поставленная задача «естественно» распадается на три относительно независимых «блока»: блок целей, блок объективных знаний и блок операций. Дело в том, что, поскольку при одном и том же «положении вещей» объективного мира может ставиться множество различных целей, неразумно для каждой новой цели заново обращаться к его исследованию, когда есть возможность использовать уже готовый блок объективных знаний. Аналогичным образом, поскольку для достижения различных целей в разных объективных условиях могут использоваться, по сути дела, «одни и те же» или по крайней мере частично совпадающие операции, уместно выделить в качестве самостоятельной единицы блок операций. Поскольку результаты деятельности каждого «блока» представляют собой определенное знание, можно говорить соответственно о нормативной (ценностной) сфере знания, когнитивной сфере и — за неимением лучшего названия — «оперативной» сфере². Последний термин спорадически

² Деление знания на когнитивную и нормативную области является общепризнанным в методологии. Что касается выделенной здесь

встречается в литературе [3]. Употребление двух терминов: «сфера» и «блок» — удобно, если желательно акцентировать внимание на относительной самостоятельности, замкнутости соответствующей области в одном случае или на ее «частичном», функциональном характере — в другом.

Это разделение знания на относительно обособленные, хотя и взаимодействующие сферы со своими стандартами и критериями нередко, как представляется, имеет своим следствием целесообразность или даже необходимость удвоения и утроения соответствующего понятийного аппарата. Так, например, для решения вероятностных проблем в нормативной сфере (риск, неопределенность) целесообразно введение представлений о субъективной вероятности; в когнитивной сфере понятие вероятности должно быть объективным и иметь соответствующую эмпирическую (в конечном итоге частотную) интерпретацию; в оперативной сфере необходимо, напротив, абстрактное «чисто» математическое (аксиоматическое) понятие вероятности. Аналогичным образом для понятия информации в нормативной сфере необходима, очевидно, его «ценностная» интерпретация, в оперативной она напротив излишня. Между тем в методологической литературе целесообразность такой «диверсификации» понятийного аппарата (при сохранении связи, позволяющей осуществлять — хотя бы частично — перевод утверждений одной сферы на язык другой) нередко не учитывается и преобладают тенденции к элиминации одних понятий за счет других.

В результате предлагаемого разделения знания на относительно самостоятельные «блоки» в пределах каждого блока появляется сравнительно большая свобода действий: мы можем изучать объект, не соотнося это изучение с непо-

сферы, условно обозначенной как «оперативная», то методологические основания такого выделения будут подробнее рассмотрены в дальнейшем. Пока можно отметить, что к этой сфере относится по крайней мере часть математики, если вслед за Н. Бурбаки считать, что существует единая математика и предметом ее служат математические структуры, понимаемые как произвольные множества с заданными отношениями. Действительно, нетрудно видеть, что операция (здесь имеются в виду символичные операции, которые в развитой науке заменяют непосредственное манипулирование объектами) есть частный случай математической структуры: так, например, бинарная операция сложения (являющаяся символьным образом многих физических операций) есть тернарное отношение «быть суммой» и т. п. Произвольный же характер множеств математических структур, если рассматривать их как операции, является отражением того, что нас интересует сама операция, а не природа объектов, к которым она применяется, точнее, что одна и та же операция может применяться к объектам самой различной природы.

средственными сиюминутными потребностями и имеющимися средствами, рассматривать цели, которые не вытекают непосредственно из объективно существующих условий, но могут быть реализованы в будущем, исследовать операции, которые в данный момент могут не иметь непосредственного применения. Во всех этих случаях, разумеется, возможны ошибки изоляционизма, однако взамен появляется возможность «распараллеливания» познавательных процессов [2] и как результат этого — их большая гибкость и эффективность³.

Нетрудно видеть, что в результате выделения относительно самостоятельных блоков требования к знанию, вырабатываемому в пределах каждого блока (а следовательно, «критерии качества» работы каждого из них), несколько видоизменяются. Так, например, для когнитивного блока на первое место выдвигается требование истинности — отображения объективной реальности независимо от целей, стремлений, желаний человека, его возможностей и т. п. Это, однако, не означает, что требование ценности этого знания, его актуальности (способности служить целям человека) отбрасывается совсем. Можно сказать, что оно «наследуется», хотя и в несколько ослабленном виде⁴, в форме требования информативности. Неинформативное знание заведомо не может иметь ценности, хотя не любое информативное знание представляет ценность (и лишь весьма приблизительно можно сказать, что большей информативности при прочих равных условиях соответствует большая ценность). Требование непротиворечивости знания непосредственно вытекает из требования информативности. Представляется, однако, что, как и требование информативности, требование непротиворечивости является в значительной степени нормативным, ценностным моментом, необходимой предпосылкой того, чтобы знание имело «смысл», т. е. могло указывать направление теоретической и практической деятельности (противоречивые указания не имеют смысла) [3].

Не рассматривая пока проблем, связанных с взаимоотношением других частичных критериев, с выработкой в ходе

³ Высказанная в [2] идея обеспечения эффективности за счет децентрализации может, по-видимому, быть применена и к науке. Во всяком случае, можно отметить, что наука при всей своей эффективности отличается высокой степенью децентрализации.

⁴ Это ослабление целесообразно потому, что решение о ценности данного знания не всегда может быть определено сразу. Кроме того, ценность данного знания определяется согласно стандартам «нормативного» блока и может требовать специального исследования,

развития знания новых критериев ⁵ и трансформацией старых, перейдем к описанию специфических особенностей деятельностного подхода.

ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД: ЕГО ЗАДАЧИ, УСЛОВИЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ И ДОСТИГАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Как можно видеть из самого общего анализа теоретико-познавательной ситуации (не разделенной на самостоятельные «блоки»), в ней в явном виде присутствует субъект с его целями и средствами. Знание, отвечающее этой методологической ситуации («исходя из целей субъекта и имеющихся в его распоряжении средств...» и т. д.), естественно, должно было бы носить характер не столько теории, описывающей некоторый фрагмент объективной реальности, сколько алгоритма, предписывающего, что следует делать при данном объективном положении вещей. В историческом плане первоначально знание такого типа как раз и является преобладающим (Древний Египет, Вавилон). С выделением и обособлением мощной, преобладающей в настоящее время сферы объективного знания, знание, относящееся к этой сфере, строится так, чтобы полностью или во всяком случае максимально элиминировать субъект с его целями и средствами и получить теорию самого объекта (а не алгоритм). Разумеется, и в этом случае познание всегда предполагает познающего субъекта, преследующего определенные (хотя бы и «чисто познавательные») цели, однако если эти цели и фигурируют в процессе познания, то лишь как вспомогательные элементы. Сами же результаты должны быть объективны.

Следует отметить, однако, что выделение и обособление обширной и в настоящее время преобладающей сферы объективного знания не исключает того, что в ряде случаев и сейчас можно наблюдать как бы возврат к исходной методологической ситуации ⁶, при котором в познавательную сферу сознательно и в явном виде «вводится» (причем без дальней-

⁵ Отметим, что, поскольку установление истинности или информативности (в частном случае — непротиворечивости) само может представлять определенную проблему, немаловажное значение приобретают такие «вторичные» критерии, как «наблюдаемость», облегчающая установление истинности или ложности, «конструктивность», которая может облегчать проверку на информативность — нет ли «кругов» в определениях и доказательствах, и т. п.

⁶ Периодически такой возврат необходим, чтобы обеспечить согласование между блоками и ликвидировать накапливающиеся «ошибки изоляционизма», о которых упоминалось выше.

шей элиминации) субъект с его целями. Специфика этой ситуации требует определенного пояснения.

Разумеется, во все периоды истории науки, как до, так и после обособления когнитивной сферы, существовало и разрабатывалось знание алгоритмического типа, направленное не столько на объективное описание действительности, сколько на установление того, что следует делать в той или иной ситуации, — прикладное знание. Однако после выделения когнитивной сферы знание, имеющее в «конечном виде» алгоритмическую природу, как правило, получалось в результате последовательной работы трех блоков в таком порядке: 1) установление целей и средств соответственно стандартам нормативной сферы с такой последующей объективизацией целей, которая делала бы возможным вести дальнейшее исследование на основе стандартов когнитивной области [9]); 2) исследование задачи средствами когнитивной сферы; 3) переработка результатов, полученных в когнитивной области, в алгоритмы. При этом на стадиях 1) и 2) осуществлялась максимально возможная элиминация субъекта («интересы» субъекта здесь «представлены» только требованиями информативности и непротиворечивости) и лишь на стадии 3) вновь происходило «возвращение» к субъекту, причем эта последняя стадия в методологии чаще всего даже рассматривалась не как этап познания, а скорее как реализация результатов познания.

В современных условиях — это и позволяет говорить о специфике ситуации, о существовании особого, «деятельностного подхода» — можно наблюдать процесс развития знания, при котором, как уже отмечалось, субъект с его целями и средствами сознательно и активно вводится в познавательную ситуацию без попыток его элиминации. В наибольшей степени такое положение вещей имеет место в таких областях, как экономика, теория управления⁷ и т. п., причем для этих областей в настоящее время при сохранении всей значимости объективных закономерностей, «логики объекта» в формировании знания участвует «логика субъекта» — теория принятия решений. Помимо этих областей, можно

⁷ При этом с самого начала задача ставится в форме установления зависимости вида $W = W(X_i, Y_i)$, где X_i — множество управляемых переменных, Y_i — множество неуправляемых переменных, а W — критерий качества, выражающий цели субъекта (см. [10]). При альтернативном подходе задача ставится в форме установления закономерной связи между теми или иными объективно существующими факторами, что не предполагает ни определения критерия качества, ни деления переменных на управляемые и неуправляемые и т. п.

отметить введение субъекта в познавательную ситуацию также в методологии науки (особенно после работ Т. Куна). Причины введения субъекта в познавательную ситуацию многообразны. Отметим две из них: 1) нетривиальность и динамичность целей, выдвигаемых в современной науке, что требует постоянной корректировки вопроса (а следовательно, постоянного «присутствия» субъекта): действительно ли данный результат желателен? В силу этого развитие знания, в частности, может приобретать форму диалога между машиной, представляющей преимущественно объективное знание, и человеком; 2) сложность объектов, с которыми сталкивается современная наука (или, если взглянуть на эту проблему с другой стороны, ограниченность ресурсов субъекта — познавательных, экономических и т. п., — которые обнаруживаются при исследовании этих объектов, в силу чего они, собственно, и называются «сложными»).

Нетрудно видеть, что введение в познавательную ситуацию субъекта с его целями и средствами имеет существенный недостаток: оно направляет развитие науки по алгоритмическому пути. Однако оно имеет и определенные преимущества чисто познавательного характера (не говоря уже об экономических ресурсных и прочих соображениях, немаловажных для современной науки). Дело в том, что «нейтральное» по отношению ко всевозможным целям, т. е. вполне «объективное», описание достаточно сложной системы может быть заблокировано самой сложностью этой системы, в то время как узкий и целенаправленный подход достаточно эффективен (разумеется, в рамках поставленных целей). Последнее нетрудно проиллюстрировать простейшими примерами. Предположим, что нас интересует некоторый объект, «сложность» которого проявляется в весьма значительном разнообразии состояний, так что попытка изучить все это разнообразие (передать изучение объекта когнитивному блоку) заведомо неосуществима. Предположим, что при этом у субъекта есть всего две возможности воздействия (управления) на данный объект — 1) и 2). В этой ситуации, естественно, вместо «объективной» классификации состояний объекта «различать» лишь два класса состояний: состояний, где следует применять воздействие 1) или 2). Дальнейшая задача сводится к установлению достаточно легко распознаваемых признаков каждого класса, оценке возможности ошибок и к выработке соответствующей стратегии [6]. Аналогичным образом можно было бы привести примеры, относящиеся к другим гносеологическим операциям: установлению очередности проверки гипотез, индуктивному выводу и т. п., — где «логика»

познания определяется не только «логикой объекта», но и «логикой субъекта»⁸.

Очевидно, что привлечение «логики субъекта» является «законным» и необходимым в исследованиях заведомо прикладного плана. Однако оно может иметь и характер вынужденного решения, если для когнитивного блока сложность объекта слишком велика. Так, в частности, в методологии науки введение субъекта было в какой-то степени вынужденным и сопровождалось значительными коллизиями — известно, что ему предшествовал длительный период, в течение которого предпринимались самые решительные попытки полной элиминации субъекта (программа радикального физикализма).

Эта смена позиций в методологии науки весьма поучительна для понимания задач и возможностей деятельностного подхода.

ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД В МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ

В методологии науки налицо два обстоятельства, которые указывались ранее в качестве способствующих введению субъекта в познавательную проблему: нетривиальность и динамичность познавательных целей и сложность и многоплановость процесса познания. То, что цели (по крайней мере часть из них), выдвигаемые в ходе познания, относятся к наиболее нетривиальным случаям⁹, можно продемонстрировать на материале известной книги И. Лакатоса [7], посвященной развитию представлений, связанных со знаменитой теоремой Эйлера о многогранниках (теорема Эйлера утверждает, что число вершин минус число ребер и плюс число граней многогранника равно двум). Основной пафос этой

⁸ Это выражение ставится в кавычки, поскольку говорить о логике субъекта в виде некоторой канонизированной системы, аналогичной системе принятия решений (а не в виде разрозненных соображений разного рода), для гносеологии было бы, по-видимому, преждевременным. Непосредственный же перенос теории принятия решений в гносеологию затруднителен [4], поскольку эта теория в основном предназначена для «работы» с объектами, допускающими возможность количественной оценки, если не прямого количественного измерения.

⁹ В системном анализе различают качественные, количественные и неуловимые цели, для которых невозможно получить объективную количественную оценку (завоевание престижа и т. п.). Имея в виду гносеологию, можно было бы также говорить о «слабоидентифицируемых» целях, которые иногда трудно не только измерить по какой-либо количественной шкале, но просто ответить на вопрос, достигнута эта цель или нет, даже если она уже достигнута.

книги, однако, не математические проблемы, а динамика целей научного познания и сложный, трудноуловимый характер целей познания, что хорошо иллюстрирует рассматриваемый И. Лакатосом пример.

Действительно, ставя вслед за Эйлером цель доказать, что для всех многогранников имеет место эйлерово соотношение, математики столкнулись со следующей проблемой. После ряда доказательств и опровержений (с помощью контрпримеров) этой теоремы выявилась неадекватность исходного понятия многогранника (первоначально многогранником называлось тело, поверхность которого состоит из многоугольных граней) и необходимость как уточнения границ класса «настоящих» многогранников¹⁰, так и выделения того его подкласса (возможно, совпадающего со всем классом), для которого эту теорему на основе принятого математиками доказательства Коши¹¹ можно было бы считать доказанной. Благодаря же наличию трудностей в решении этой трехсторонней проблемы¹² в итоге создалась ситуация, в которой, с одной стороны, для соотношения, утверждаемого теоремой Эйлера, в достаточно «богатой» области потенци-

¹⁰ Интуитивно «настоящий» многогранник обозначал нечто похожее на кристалл, тело с «плоскими» гранями и прямыми ребрами [7, с. 125]. Несоответствие такого понимания многогранника с многогранником в смысле первоначально используемого определения этого понятия стало ясным, когда обнаружилось, что исходному определению отвечают «многогранники» с полостями, туннелями, «многогранники», сросшиеся друг с другом в ребрах, и т. п., для которых соотношение Эйлера не выполняется.

¹¹ Здесь также не вполне ясно, насколько результат независим от способа доказательства. Кроме того, доказательство Коши, естественно, опиралось на некоторые представления о свойствах многогранника (представления о том, что после удаления одной грани многогранник, будучи как бы резиновым, может быть «растянут» на поверхности и т. п.). Но это, в свою очередь, вело к обобщению понятия многогранника, отдаляя его от интуитивных представлений, так что многогранниками оказывались «смятые», криволинейные многогранники, «многогранником» можно было считать цилиндр и т. п.

¹² Эти трудности имеют не формальную, а концептуальную природу, поскольку связаны с выделением области, достаточно «богатой», «интересной и разнообразной», с одной стороны (отметим, что при всей своей неясности, эти понятия относятся к регулятивам научной деятельности), но, с другой стороны, не настолько широкой, чтобы включать рассмотрение различных «монстров» и «патологических случаев». Иначе говоря, они относятся к вопросу, каковы цели «нормального» математического познания. Разумеется, за счет достаточного сужения области всегда можно достигнуть того, что никаких контрпримеров не возникнет. Например, соотношение Эйлера тривиальным образом выполняется для эйлеровых многоугольников. Однако такой результат «неинтересен» по содержательным соображениям.

ально всегда можно ожидать выдвижения контрпримера, который фальсифицировал бы в этой области теорему Эйлера (и заставил бы сузить область, где соотношение Эйлера выполняется), а с другой стороны, если бы оказалось, что класс потенциальных фальсификаторов в принятой области действительно пуст, т. е. задача установления области, где выполняется соотношение Эйлера, полностью решена, мы тем не менее не знали бы, что решение получено. Нетрудно видеть, что выдвижение «слабоидентифицируемых» целей относится не только к теореме Эйлера, но в значительной степени характерно для всей методологии науки, поскольку в науке выдвигаются такие «бесконечные» цели, как «построение адекватно отражающей действительность теории», по отношению к которым также трудно окончательно утверждать, что цель полностью достигнута (так как теория может быть опровергнута, может потребовать дополнений и т. п.).

Не менее сложную проблему для методологии науки представляет также и многоплановость процесса познания: только список факторов, детерминирующих познание, — объективных, субъективных, социальных, культурных и т. п. — весьма внушителен¹³. Вместе с тем, вопреки всем отмеченным обстоятельствам и несмотря на то, что познавательный процесс, как, по-видимому, никакой другой, является целеустремленным, целенаправленным и характеризуется сложной динамикой порождаемых в ходе его целей, неопозитивистами была сделана попытка построить чисто объективистскую модель познания (двухуровневая модель: эмпирические факты—теория) при полной элиминации познающего субъекта. Результатом такого подхода, который неопозитивисты пытались осуществить строго по образцам физических теорий (программа физикализма), было то, что они мистифицировали не только себя, но, по-видимому, и своих критиков, которые, следуя тем же «объективистским» образцам, пытались затем сопоставить неопозитивистскую модель с «действительностью». Представляется, однако, что более адекватный подход к модели неопозитивистов достигается, если перевести ее в повелительное наклонение и представить как алгоритм¹⁴ примерно следующего вида (этот

¹³ Например, Дж. Холтоном «события», анализируемые при изучении науки, рассматриваются как «точки» по меньшей мере в девятимерном пространстве [11].

¹⁴ Этот подход представляется более адекватным, поскольку большинство вопросов, касающихся модели, неизбежно затрагивает проблемы нормативного плана, неявно содержащиеся в, казалось бы, «нейтральном описании». Так, например, в модели неявно подразуме-

алгоритм дается здесь в сильно упрощенной форме, поскольку в данном случае обсуждению подлежат не детали, а общеметодологический статус модели): «фиксируй предложения наблюдения (факты) после того, как получено некоторое множество фактов, ищи закон, объединяющий эти факты... из найденного закона выводи следствия, в том числе такие, которые являются предложениями наблюдения... осуществи проверку...». Нетрудно видеть, что в такой форме модель выступает как нормативное знание и явно адресована субъекту. Для осуществления подобного алгоритма, несомненно, требуется человек (квалифицированный научный работник), способный понять такие «макрокоманды», как: «регистрируй факты, найди среди следствий те, которые содержат термины, принадлежащие языку наблюдений, и т. п.». Является ли этот алгоритм верным, приводящим к желаемому результату?

Ответить на этот вопрос однозначно довольно затруднительно. Можно указать, что, во-первых, данный алгоритм не универсален, т. е. не во всех гносеологических ситуациях следует сначала собирать факты, а потом на их основе строить теории (есть примеры, где последовательность скорее обратная). Во-вторых, этот алгоритм носит весьма расплывчатый характер, ибо не сообщает наиболее важного — что такое релевантные факты, как их найти среди множества явлений (или выделить в массиве научной литературы) и т. п. Тем не менее в той ситуации, когда этот алгоритм применим (т. е. когда можно считать, что факты «предшествуют» теории), человек, руководствующийся этим алгоритмом, может успешно справиться с задачей, хотя, конечно, успех не гарантирован и зависит от способностей исполнителя, внешних факторов и т. п.¹⁵.

Разумеется, предложенная здесь трактовка неопозитивистской модели как алгоритма является не более чем некото-

вается, что установить факты «проще» (термин нормативной сферы), чем построить теорию, что теория «ценнее», чем разрозненные факты, что теория, допускающая проверку, «лучше», чем недопускающая, и т. д. Тем самым модель фактически опирается на понятия и термины нормативной сферы, которые неопозитивисты, как известно, хотели полностью устранить из научного языка, но на практике, безусловно, использовали.

¹⁵ Более того, если считать, что необходимые факты каким-то образом получены и представлены в виде числовых символов, макрокоманды данного алгоритма в принципе могут быть переведены на язык машинных программ, успешность работы которых, разумеется, также зависит от программы, вида закономерности и т. п. (см., например, [5]).

рой версий, которая требует дополнительного обсуждения. В контексте же нашего рассуждения — и в этом состоит его наиболее существенный момент — следует подчеркнуть, что после того, как тот или иной выбор (дескриптивная или нормативная модель) сделан, необходимо, безусловно, применять «свои», отвечающие тому или иному случаю критерии качества, которыми для дескриптивной модели является соответствие действительности, а для нормативной — соответствие целям. В том, что они не совпадают, особенно легко убедиться в негативном случае: если дескриптивное знание не соответствует действительности, его отвергают (или изменяют); если нормативное знание не соответствует действительности — изменяют или стараются изменить действительность¹⁶. Так, например, если человек нарушает транзитивность выбора или в сложной ситуации (в силу неспособности на интуитивной основе сделать правильный выбор) поступает не так, как это предписывается теорией (например, нормативной теорией Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна), то ему можно указать на ошибку, которую следует исправить (сохранив теорию в неприкосновенности). В случае несоответствия дескриптивной теории действительности, исправлению подлежит теория. Смещения этих ситуаций, разумеется, нечасты, однако в случаях, когда нормативный или дескриптивный характер соответствующих теорий неясен или искажен (крайности физикалистской программы), или в тех случаях, когда он вообще не воспринимается как проблема, тенденции смещения соответствующих критериев возможны.

Возвращаясь к позитивистской программе, где такое смещение имело место, подведем некоторые итоги. Понятно, что введение в познавательную ситуацию субъекта позволяет дать более адекватную картину процесса познания. Означает ли это, однако, что такое введение обязательно во всех случаях и что при некоторых обстоятельствах субъект не может без ущерба быть элиминирован? Ответ на этот вопрос, очевидно, отрицателен. Подобная элиминация неизбежно осуществляется на уровне «эшелона учебников» [8] — без нее развитие науки было бы едва ли возможно. Употребляя в несколько измененном виде аналогию Дж. Холтона о «координатах», с помощью которых описывается процесс развития науки, такую элиминацию можно уподобить получению объективист-

¹⁶ Само разделение знания на когнитивную и нормативную сферы обусловлено тем, что позволяет установить желаемое и наличное и степень рассогласования между первым и вторым, что является основой всякой деятельности. Понятно, что рассогласование может быть устранено и за счет изменения действительности.

ской «двумерной» проекции (на плоскость «факты—теория») многомерного явления, включающего субъекта. Такая проекция, если не отождествлять ее с самим явлением, может быть полезна. Конечно, она может порождать и заблуждения — смешение критериев адекватности знания разного типа, — о чем говорилось выше, а также и многие другие. В частности, при проекции на «объективную» плоскость «факты—теория» более или менее «автоматически» происходит онтологизация «субъективных» (нормативных) элементов. Пример этого — онтологизация логики Л. Витгенштейном (приписывание миру «атомарной» структуры логики, ее законов).

В «двумерной» проекции многие элементы действительности вообще не находят отражения, что может создавать иллюзорное представление о «легкости» развития науки (например, достаточности одного факта, чтобы опровергнуть теорию), или, наоборот, о непостижимости ее развития (когда при «проектировании» исчезает цепь обстоятельств, облегчающая понимание того, как произошло некоторое открытие). «Добавляя» необходимые «координаты», мы можем устранить эти иллюзии и решить соответствующие проблемы. Однако при этом необходимо учить, что достигаемый при введении новых «координат» «выигрыш» в точности описания может сопровождаться «проигрышем» в простоте, эффективности, наконец, общности, необходимой для установления закономерностей. Понятно, что трудно определить границы того, где «выигрыш» уравнивается «проигрышем». Кроме того, необходимо иметь в виду, что относительная важность частичных критериев с развитием науки и общества, несомненно, не остается постоянной.

Завершая на этом рассмотрение вопроса о деятельностном подходе в когнитивной сфере, где преобладают критерии истинности, информативности, непротиворечивости, рассмотрим теперь другие области (без которых трудно представить развитие науки в целом), где эти критерии действительны лишь частично или не действуют вообще. Какими же критериями направляется развитие этих областей и возможен ли здесь деятельностный подход?

Чтобы ответить на эти вопросы, вспомним, что нормативное знание — это знание целей субъекта, которое в отличие от познания внешнего мира в большей степени является результатом «самопознания» и адекватность которого зависит от того, что субъект готов признать своими целями. Как уже говорилось выше, в настоящее время мы, как правило, имеем дело с весьма сложной иерархической структурой целей, включающей первичные цели (потребности), вторичные,

третичные и тому подобные цели — цели социального плана — практики, цели науки, той или иной ее части (например, математики) и т. п. Нетрудно видеть, что дерево, или граф целей, детально раскрывающий эту иерархию, является весьма громоздким и запутанным и получение такого графа требует специальных методов познания. В настоящее время в качестве такого метода, как правило, используется системный анализ.

Для оперативного блока, главной задачей которого является разработка операций, необходимых для реализации целей, очевидно, необходимо не только «видение» этого графа, но также — и в этом его главная задача — оценка того, какие операции (или, точнее, их последовательности) могут быть наиболее эффективными в достижении целей различного ранга (эффективность по широте охвата и по «глубине»). Понятно, что для оперативного «блока», вообще говоря, нет необходимости «самостоятельно» выявлять граф целей, он может быть получен в готовом виде из нормативного блока; таким образом, главный критерий здесь — эффективность¹⁷. Однако, подобно тому как цели, передаваемые из нормативного блока в когнитивный, должны быть объективированы, при передаче в оперативный блок они должны быть «операционализированы», т. е. выражены в виде некоторой искомой последовательности тех операций, которыми эта сфера располагает. Что касается деятельностного подхода к нормативной и оперативной сферам, то применительно к первой о нем не имеет смысла говорить (здесь бессмысленно вводить или элиминировать субъект). В оперативной же сфере, по-видимому, деятельностный подход имеет место наряду со своим аналогом, который является как бы его «зеркальным» отображением. Поясним, что имеется в виду.

Как можно было видеть, в когнитивной сфере деятельностный подход заключается в том, что при попытке строить объективную теорию в силу ограниченности средств субъекта (введение субъекта в познавательную ситуацию) мы вынуждены «довольствоваться» алгоритмом. В оперативной же сфере вначале мы, наоборот, имеем алгоритм, отражающий возможности субъекта. При этом, однако, исходя из требования большей эффективности выполнения соответствующих операций, оказывается удобным отказаться от реальной ограниченности средств субъекта, что порождает воображаемую математическую действительность. Так, например, требова-

¹⁷ Представление о математике как «идеальной технике» науки, главным критерием качества которой является эффективность, дается в работе [1].

ние замкнутости по отношению к самым простым арифметическим, алгебраическим и т. п. операциям¹⁸, без чего трудно обеспечить эффективное выполнение этих операций, заставляет «допустить» такие объекты, как иррациональные числа и т. п. В итоге вместо алгоритма мы получаем своеобразную теорию (математическая теория не есть теория в смысле когнитивной области, для нее не существует опытной проверки и т. п.), относящуюся к этой математической «действительности». В том случае, если в дальнейшем автономное развитие этой математической теории встречает трудности, можно, впрочем, попытаться путем ее конструктивной, учитывающей возможности субъекта операционализации вновь вернуться к «реальности» и представить в виде алгоритма (возможно, уже более эффективного).

СООТНОШЕНИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ДЕСКРИПТИВНОГО ЗНАНИЯ

В заключение рассмотрим деятельностный подход уже не в рамках того или иного «блока», а в целом. Как отмечалось ранее, введение субъекта с его целями и средствами в познавательную проблему (деятельностный подход) имеет своим результатом знание в виде алгоритма, осуществление которого должно дать некоторый интересующий нас эффект (достичь некоторой цели). Пусть тот же эффект исследуется в рамках когнитивного подхода, что в итоге дает некоторое объективное знание. Естественно, возникает вопрос, является ли знание, полученное в рамках деятельностного подхода и удовлетворяющее стандартам нормативной области (соответствие целям), удовлетворительным с точки зрения когнитивной (соответствие действительности) и наоборот. Легко видеть, что в общем случае ответ на этот вопрос является отрицательным. Известно, например, что можно полностью воспроизвести эффект, осуществляемый некоторым устройством, а между тем в действительности этот эффект может осуществляться иным образом и даже иметь другую природу. Элементарный пример подобного рода приводится М. Арбибом в связи с обсуждением возможностей кибернетического моделирования [2].

Вместе с тем вполне «доброкачественное» с точки зрения соответствия действительности знание не является алгоритмом (хотя может подсказывать пути его построения). Говоря

¹⁸ Их прообразы легко найти в реальной действительности — это соответствующие физические операции.

о неодинаковости этих двух подходов, можно отметить, что знание одного типа иногда противопоставлялось знанию другого типа, причем утверждалось безусловное превосходство одного типа знания перед другим (например, превосходство «греческого» пути перед «вавилонским» или, наоборот, деятельностного подхода перед традиционным и т. п.). В методологической литературе это противопоставление нередко получало свое выражение также в дискуссиях, относящихся к таким познавательным формам, как «описание», «объяснение», точнее, в противопоставлении описательных феноменологических законов законам «объясняющим», раскрывающим «механизм» явлений и связанной с этим проблеме редукционизма. Поставим в связи с этим следующий вопрос: можно ли считать полноценным и в определенном смысле даже «окончательным» знание, если оно «только» описывает явление, но не «объясняет», не раскрывает его «механизма»?

Очевидно, что, после того как дискредитировало себя представление о том, что объяснить явление — значит построить хотя бы мысленно его механическую модель, само понимание, что следует считать «механизмом», стало весьма расплывчатым. Тем не менее для алгоритмического знания (при всей неясности термина «механизм») ответ на поставленный вопрос должен быть скорее отрицательным, поскольку по самой своей сути алгоритм указывает путь достижения некоторого сложного, непосредственно не данного нам результата на основе более элементарных доступных нам действий (алгоритм и есть такой «механизм»). Что же касается когнитивной сферы, то, поскольку нет твердых оснований считать мир «состоящим» из элементарных объектов и элементарных взаимодействий, в терминах которых могут быть описаны все другие объекты и взаимодействия (отвлекаясь от вопроса о целесообразности такой редукции), и неясны сами онтологические критерии простоты и сложности, можно, очевидно, считать полноценным знание когнитивной сферы, даже если оно не опирается на представление о «внутреннем» механизме. Для знания алгоритмического типа, напротив, мы можем допустить требование радикального редукционизма, т. е. требовать, чтобы алгоритм в конечном счете мог быть осуществлен на основе действий (команд), являющихся совершенно элементарными (в отличие от «макрокоманд» типа «фиксируй факты» и т. п.), хотя и здесь может быть поставлен вопрос о возможности (на том или ином этапе развития науки) или целесообразности подобной редукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александров А. Д.* Диалектика и математика.— Сиб. мат. журн., 1970, № 2.
2. *Арбиб М.* Метафорический мозг. М.: Мир, 1976. 295 с.
3. *Беляев Е. А., Перминов В. Я.* Философские и методологические проблемы математики. М.: Изд-во МГУ, 1981. 215 с.
4. *Брунер Дж.* Психология познания. М.: Прогресс, 1977. 412 с.
5. *Загоруйко Н. Г.* Эмпирическое предсказание. Новосибирск: Наука, 1979. 124 с.
6. *Клык Ю. И.* Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974. 135 с.
7. *Лакатос И.* Доказательства и опровержения. М.: Наука, 1979. 124 с.
8. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 391 с.
9. *Олицкий А. А.* Многокритериальность задач методологии науки как выражение системности знания.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 268—289.
10. *Райветт П., Акофф Р. Л.* Исследование операций. М.: Мир, 1966. 143 с.
11. *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981. 383 с.
12. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности: Методол. пробл. соврем. науки. М.: Наука, 1978. 391 с.

ПАРАДОКСЫ И ЯЗЫКИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО СИНТЕЗА (ПУТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НОВОЙ ПАРАДИГМЫ)

Н. Л. МУСХЕЛИШВИЛИ, В. М. СЕРГЕЕВ

На протяжении последних десятилетий наблюдается интенсивный рост научного знания, сопровождающийся значительной его специализацией и дифференциацией наук. В то же время с древности и в продолжении многих столетий *универсальный* характер знаний был единственным, к чему могло быть полное доверие [18]. Действительно, конечная цель науки состоит в описании мира как целого, и, следовательно, знания, достигнутые в различных предметных областях, должны быть взаимосогласованными и взаимодополняющими. Единство мира дает все основания полагать, что концептуальные модели, разработанные в рамках той или иной области знания, могут быть с успехом перенесены в другие. История развития науки дает большое количество примеров того, как взаимодействие между различными научными дисциплинами приводит к нетривиальным синтезам, порождающим крупнейшие научные достижения [11]. Возникает вопрос о принципах этого взаимодействия, а именно: какие процессы в рамках развития конкретной науки вызывают потребность в интеграции научного знания?

В последние годы в связи с интенсивным развитием логики и методологии науки достигнут значительный прогресс в понимании процессов развития конкретных областей науки [5, 16]. Одной из наиболее популярных концепций роста научного знания является концепция научных революций Т. Куна [9], рассматривающая рост науки как «двухфазный» процесс: фаза поиска «научной парадигмы» сменяется фазой «нормальной науки», которая, исчерпав свои возможности, снова сменяется фазой поиска научной парадигмы. Подробно описав фазу функционирования «нормальной науки» и вопрос о причинах обращения к поиску новой парадигмы, Т. Кун оставил открытым вопрос о средствах ее порождения. Между тем, как нам представляется, именно в этой фазе поиска и возникает необходимость обращения к *универсальному знанию*. Именно поиск новых парадигм заставляет рассматривать *универсальное знание*, т. е. *совокупность накопленных в процессе развития науки концептуальных моделей*,

как высшую научную ценность¹. Из такого понимания *универсального знания* немедленно следует, что оно является естественным источником новых парадигм, а процесс поиска новой парадигмы порождает необходимость в обращении к изучению не применявшихся ранее в данной области науки концептуальных моделей, т. е., по существу, к *междисциплинарным исследованиям*.

Еще Т. Куном отмечалось, что недостатки старой парадигмы определяются несоответствием ее следствий экспериментальным фактам и(или) невозможностью объяснения с ее помощью некоторых явлений. Между тем факты и явления требуют для своего научного объяснения и сопоставления с парадигмой определенной интерпретации. Сами по себе средства таких интерпретаций являются частью парадигмы. Таким образом, научная парадигма по крайней мере двухкомпонентна:

- средства получения следствий;
- средства интерпретации фактов.

Существенной характеристикой социального функционирования науки в рамках научной школы является тот факт, что средства интерпретации существенно менее доступны для обсуждения, чем средства получения следствий. Таким образом, эти два компонента научной парадигмы находятся в своеобразном отношении в смысле иерархии доступности². Помимо вышеуказанных, именно этот факт позволяет говорить о потенциальной дефектности научной парадигмы, которая проявляется благодаря возникновению так называемых парадоксов, т. е. неинтерпретируемых следствий научной парадигмы или следствий, имеющих неприемлемую интерпретацию. Естественным средством решения парадоксов является не столько обсуждение средств получения фактов, сколько обсуждение правил интерпретации.

Таким образом, при появлении парадоксов возникает необходимость перехода к другой познавательной модели мира, т. е. к новой научной парадигме. Однако такая модель мира должна включать в себя и объяснение научных фактов. Именно здесь возникает вопрос о порождении новой модели. Весьма естественным путем является заимствование такой

¹ Аналогичное явление имеет место при изучении функциональной грамматики естественных языков. В современной лингвистике *универсальная грамматика понимается как совокупность возможных грамматик*, выделенных на основе изучения разных типов естественных языков [15].

² Термин «иерархия доступности» заимствован нами из системы научных понятий функциональной грамматики [8].

модели в другой области знания. Однако заимствовать можно как средства вывода, так и средства интерпретации. На наш взгляд, заимствование средств вывода вместе со средствами интерпретации и есть то, что обычно называется редукцией одной области знания к другой.

Одной из основных задач современных научных исследований является создание общего для нескольких наук языка, на котором можно было бы формулировать пограничные междисциплинарные проблемы, что представляется особенно важным в связи с непрерывно усиливающейся тенденцией к интеграции различных областей знаний. В особенности это относится к таким нетривиальным научным синтезам, в которых происходит слияние совершенно различных по языкам описания наук. Главной трудностью при подобном рода синтезах является несопоставимость понятий и понятийных структур различных дисциплин, что делает невозможным прямой перевод утверждений одной науки на язык другой. Такая задача, по существу, эквивалентна проблеме лингвистического перевода в случаях, когда грамматики различных сравниваемых языков несопоставимы. С аналогичной проблемой сталкивается и вычислительная семантика, одним из перспективных направлений которой является создание языка-посредника, принадлежащего к более общему уровню описания реальности, чем каждый из сравниваемых языков.

По-видимому, и процесс междисциплинарного синтеза связан с построением такого рода метаязыка. Общая задача, сформулированная на таком языке, может быть интерпретирована в рамках конкретной дисциплины, причем неоднозначным образом. Отсюда следует, что возможны два пути междисциплинарных исследований:

— исследование объекта различными научными дисциплинами и путем использования специфических для этих наук методов и языков описания (так называемый *комплексный* подход); в этом случае междисциплинарность обеспечивается общностью объекта исследований;

альтернативный, *синтезирующий*, подход — исследования, задачей которых является создание особого рода метаязыка, позволяющего находить общие структурные закономерности в объектах различной природы.

Заметим, что такой метаязык для того, чтобы стать языком новой научной дисциплины, должен обрести собственную семантику, т. е. совокупность средств интерпретации, отличных от средств интерпретации языков описания синтезируемых областей. Таким образом, новая парадигма может возникнуть в результате *междисциплинарного синтеза*.

Попытаемся проиллюстрировать сформулированные выше тезисы на примере наиболее интересных проблем современной науки.

Основным положением классической физики было утверждение, что свойство объекта физического мира не зависит от проводимых над ним измерений, т. е. влияние измерения на объект измерения можно сделать столь малым, что им можно пренебречь. Кроме того, классическая физика предполагала известную однородность мира и не видела принципиально никакой разницы между свойствами измерительного прибора и измеряемого объекта. Основой такого взгляда на мир был принцип причинности. По словам Э. Шредингера, «идеал точной физической науки был унаследован от астрономии: мы решаем, что пробным камнем любой теории будет ее способность предсказывать характеристики системы в любой наперед заданный момент, если только имеются однозначные результаты наблюдений, произведенных над системой в предшествующий момент» [19]. Такой взгляд на мир стал подвергаться сомнению в начале века в связи с обнаружением парадоксов в рамках статистической физики, а также в связи с доказательством теоремы Пуанкаре об интегралах движения классической динамической системы, согласно которой энергия является единственным интегралом движения системы, аналитическим по начальным значениям. Тем не менее, несмотря на ущерб, нанесенный этими утверждениями принципу причинности, представления об однородности физической реальности никак затронуты не были.

Идея квантовых скачков, возникшая в работе М. Планка, развитая впоследствии А. Эйнштейном и нашедшая свое завершение в постулатах Н. Бора, заставила физиков существенно пересмотреть взгляд на лапласовский детерминизм. В соответствии с новым взглядом на реальность физическая теория не могла ответить на следующие два вопроса: что происходит с системой в момент квантового скачка?

В какое состояние перейдет система при наложении возмущения?

Ответ на второй вопрос может быть только *вероятностным*. Причем понятие вероятности существенно меняло свой смысл. Если в классической физике появление вероятности было связано с неполнотой нашего знания о системе или неточностью в граничных условиях, то в квантовой физике вероятность оказалась существенной и ни к чему не сводимой чертой физической реальности. Такой взгляд на мир привел к революционному изменению представления о том, что такое состояние физической системы. Состояние стало

рассматриваться как набор потенциалов физической системы принимать определенные значения физической величины. Иными словами, состояние вместо описания его положением в пространстве и скоростями частиц стало описываться волновой функцией, т. е. набором комплексных амплитуд, квадрат модуля которых определяет для системы вероятность иметь соответствующее значение физической величины. Однако такой взгляд, где вероятность оказывается существенным свойством реальности, встретил противодействие крупнейших физиков (А. Эйнштейн, Э. Шредингер, М. Лауэ и др.).

Заметим, что противодействие касалось только интерпретации, не затрагивая средств вывода теории. По словам М. Борна, «любой из нас, физиков-теоретиков, разрешал бы конкретные физические проблемы с помощью одних и тех же или по крайней мере эквивалентных математических методов, если они приводят к цели; теоретические предсказания и правила для их применения практически всегда были одинаковыми» [4].

Различие в познавательных установках слабо сказывалось на описании конкретных физических явлений. Такое положение дел привело многих физиков к мысли о том, что споры вокруг познавательных установок не имеют никакого отношения к решению физических проблем. Необходимо подчеркнуть, что таких взглядов придерживались физики, решающие задачи в рамках установившейся парадигмы. Казалось, должен вызывать удивление тот факт, что такие крупнейшие физики, как Н. Бор, А. Эйнштейн, В. Гейзенберг, М. Борн, Э. Шредингер и др., затратили столько сил на обсуждение вопросов, не влияющих на получение результатов (в смысле согласия теории с экспериментом). Совершенно ясно, однако, что дискуссии по вопросам теории познания вызывались необходимостью в уточнении понятийного аппарата, без чего не было бы решительно никакой возможности развивать физическую теорию, т. е. *разрабатывать новую парадигму*. Однако даже между учеными, принявшими концепцию вероятностной интерпретации квантовой механики, обнаружилось существенные расхождения, вызванные сохранением у некоторых из них элементов классической познавательной установки, а именно представлениями об однородности реальности. Тем более сильными были дискуссии между учеными, не принявшими вероятностную интерпретацию квантовой механики, — ими были предложены теоретико-познавательные парадоксы, целью которых являлась демонстрация противоречивости гносеологической модели, предлагавшейся Н. Бором и В. Гейзенбергом.

Одним из двух наиболее известных парадоксов, которые до сих пор дискутируются в литературе, был предложенный Э. Шредингером *парадокс кошки*: «Посадим кошку в стальной сейф вместе с адской машиной (защищенной от кошки). В счетчик Гейгера положена крупинка радиоактивного вещества, столь малая, что за час может распасться один из атомов, но с той же вероятностью — не распасться ни один. Если атом распадается, то счетчик через реле приведет в действие молоточек, который разобьет колбу с синильной кислотой. Предоставив всю эту систему самой себе в течение часа, мы скажем, что кошка еще жива, если за это время не распался ни один атом. Первый же распад привел бы к отравлению кошки. ψ -функция (волновая функция. — Н. М., В. С.) всей системы выразила бы это тем, что живая и мертвая кошка (с позволения сказать) смешаны или размазаны в одинаковых пропорциях» [20].

Странный результат, возникающий на первый взгляд, состоит в том, что если имеется суперпозиция состояний атома, то кошка также должна находиться в состоянии суперпозиции (быть живой или мертвой одновременно). Однако такой результат возможен только в предположении однородности физической реальности, т. е. если свойства системы не зависят от масштаба явления. Исчерпывающим разрешением этого парадокса является точка зрения Н. Бора. Кошка является макроскопическим объектом, и любые изменения в ее состоянии (живая или мертвая) определяются измерением, проводимым над микроскопической системой. В измерительном приборе происходит так называемая редукция волновой функции, а состояние макроскопической системы является вполне однозначным³. По словам самого Э. Шредингера, его статья, содержащая *парадокс кошки*, явилась реакцией на работу А. Эйнштейна, Б. Подольского, Н. Розена «Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным?» [21], в которой также подвергалась сомнению теоретико-познавательная установка школы Н. Бора.

Центральной проблемой работы А. Эйнштейна, Б. Подольского и Н. Розена является физическая онтология мира, т. е. вопрос о том, что можно считать физической реальностью.

³ «Как мы видели, в каждой экспериментальной установке необходимо проводить границу между теми частями рассматриваемой физической системы, которые мы причисляем к измерительным приборам, и теми, которые являются объектами, подлежащими исследованию. Можно сказать, что необходимость такого рода разграничения и составляет принципиальное различие между классическим и квантовомеханическим описанием физических явлений» [1].

Авторы предлагают руководствоваться следующим критерием: «Если мы можем без какого-то бы ни было возмущения системы предсказать с достоверностью (т. е. вероятностью, равной единице) значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой величине». Далее ставится вопрос, по существу, семиотический: в какой мере физическая теория должна отражать реальность. Только полная теория считается удовлетворительной, и предлагается следующий критерий: каждый элемент физической реальности должен иметь отражение в физической теории. Ниже мы обсудим только смысл парадокса Эйнштейна—Подольского—Розена (ЭПР)⁴, не затрагивая математического аппарата квантовой механики. В *парадоксе ЭПР* рассматриваются две частицы, обладающие равными противонаправленными спинами. В силу закона сохранения спина, полный спин сохраняется, на какое бы расстояние частицы ни разлетелись. Это означает, что если мы измеряем направление спина одной из частиц, то мы можем с полной уверенностью предсказать направление спина другой частицы. Заметим, однако, что состояние каждой из измеряемых частиц будет описываться волновой функцией, т. е. совокупностью потенциалов, и при измерении принимать различные значения направления спина. Представим себе, что над частицами производится измерение таким образом, что пространственно-временные координаты этих событий лежат по отношению друг к другу вне светового конуса. Тогда измерения, проведенные над одной частицей, в силу закона сохранения спина, приводят к редукции волновой функции, т. е. измерению физического состояния объекта, лежащего за пределами светового конуса, что, на первый взгляд, приводит к парадоксу.

Действительно, такой парадокс возникает, если рассматривать волновую функцию как объект, обладающий таким же онтологическим статусом, что и объекты макроскопические. В самом деле, при единичном измерении мы не в состоянии объяснить, по какой причине наблюдается данное значение физической величины: то ли потому, что произошла редукция и нет других потенциалов, то ли потому, что данное значение случайно реализовалось из определенного набора потенциалов. Ситуация осложняется еще и тем, что измерения находятся вне светового конуса друг по отношению к другу и, следовательно, порядок этих измерений зависит от системы отсчета. Таким образом, волновая функция не является таким

⁴ Иногда этот парадокс называют парадоксом Эйнштейна — Подольского — Розена — Бора.

же элементом физической реальности, как макроскопический объект. Именно эта точка зрения, лежащая в основе принципа дополнительности, позволила Н. Бору объяснить парадокс ЭПР.

Как мы видим, и парадокс ЭПР, и парадокс кошки не являются логическими парадоксами квантовой механики, так как они не возникают при последовательном применении принципа дополнительности, а являются парадоксами онтологии и гносеологии классической физики, примененной к интерпретации квантовомеханических явлений. Парадоксы фактически доказывают, что новые онтологические и гносеологические принципы, сформулированные Н. Бором, составляют неустраняемую часть квантовой механики, если, конечно, не понимать физическую теорию в чисто прагматическом плане как средство для получения предсказания экспериментальных результатов [28].

В последнее время появились работы, подвергшие сомнению ортодоксальную интерпретацию квантовой механики [6]. Основой этих работ явилось представление о мире как полностью описываемом волновой функцией. Целью этих работ является попытка избежать какой бы то ни было «метафизической» интерпретации (каковой авторы считают онтологические и гносеологические рассуждения Н. Бора) математического аппарата квантовой механики. Заметим, что попытки такого рода противоречат семиотическим принципам, так как знаковая система, не имеющая интерпретации, бессмысленна. Любая физическая теория должна быть соотнесена с объектами и процессами в физической реальности, а сами по себе правила соотнесения и являются средствами интерпретации⁵.

⁵ Теория квантовомеханического измерения Эверетта—Уилера—Грехем [26] следующим образом поясняется Б. де Виттом в работе [23]: «...попытаемся а) принимать математический формализм квантовой механики как он есть, ничего к нему не добавляя; б) отрицать существование отдельной классической среды и в) утверждать, что вектор состояния никогда не коллапсирует (т. е. нет редукции волновой функции.— *Н. М., В. С.*)» и «...требуется лишь один постулат для того, чтобы придать математике физический смысл. Это постулат сложности: мир должен быть достаточно сложным, чтобы он был разложен на системы и приборы. Без привлечения какой-либо внешней метафизики или математики, иной, нежели стандартные правила логики, Эверетт, Уилер и Грехем способны, исходя из этих постулатов, доказать следующую метатеорему: *математический формализм квантовой теории способен дать свою собственную интерпретацию*». Как видно из приведенных выше отрывков, избежать интерпретации никак не удастся, к тому же введенный «метафизический» постулат о сложности не имеет ясного физического содержания.

При таком подходе также наблюдаются парадоксы. Один из них был замечен еще И. фон Нейманом [14]. Он заключается в следующем: «Если мы попытаемся описать прибор волновой функцией и приведем его во взаимодействие с объектом, то прибор после взаимодействия придет в состояние суперпозиции волновых функций, соответствующих тем значениям величин, которые мы хотим наблюдать с его помощью, и для реального наблюдения нам понадобится еще *один прибор*, который будет измерять состояние первого, и т. д.». Предполагая, что весь мир описывается единой волновой функцией, мы получаем бесконечную регрессию измерений. Единственно разумным местом, где можно прервать этот бесконечный процесс, является *сознание* наблюдателя. Таким образом, встает вопрос о включении сознания в физическую реальность. Именно такой ответ и предлагался Е. Вигнером в работе «Замечания по поводу проблемы разум—тело» [30], содержащей известный *парадокс «друг»*. Однако такой ответ с необходимостью приводит к выводу о том, что измерения, составляющие систему «объект плюс прибор» в одном из состояний с определенным положением стрелки, нельзя описать с помощью линейных законов квантовой механики [6].

Другим серьезным возражением против элиминации классического описания является концепция множественности миров; однако она приводит к такому количеству *ненаблюдаемых* и, следовательно, имеющих совершенно иной онтологический статус миров, по сравнению с которым двухуровневое описание, предложенное Н. Бором, является верхом простоты⁶. На наш взгляд, серьезным возражением против онтологической однородности мира, рассматриваемого как единая описывающая всю реальность в целом волновая функция, являются следующие аргументы. Волновая функция — теоретический конструкт, недоступный нам непосредственно и одновременно. Комплексная амплитуда определена на положениях стрелки измерительного прибора, и при отсутствии такового исчезает возможность ее естественной интерпретации. Для ее интерпретации в условиях онтологической однородности приходится вводить весьма искусственные предположения, эквивалентные принципу хаотизации фаз [24], или

⁶ Кроме того, одно из возражений «против интерпретации множественности миров состоит в том, что она сталкивает основную проблему квантовой теории — примирение формализма с особенностями человеческого опыта — с проблемой взаимосвязи между разумом и телом, которую она оставляет нерешенной» [29].

же предположения о некогерентности фрагментов человеческой памяти, т. е. прямо связывать процесс измерения с сознанием [22]. Постараемся показать, что любые попытки такого рода ведут к логическим противоречиям. Одним из следствий предположения об онтологической однородности мира является непосредственное включение сознания в физическую реальность, т. е. состояния сознания — физические состояния в некоторой пространственно-временной области. Таким образом, появление любой мысли приводит к изменению некой части физической реальности. Представим себе, что мы в состоянии описать мир некоей единой теорией, которая учитывает все возможные состояния мира во всех пространственно-временных областях. Тогда такая теория должна описывать и все возможные состояния сознания, а так как сама теория является частью сознания и ее применение эквивалентно изменению физической реальности в некоторой пространственно-временной области, то такая теория с необходимостью должна обладать свойствами самоописания. Указанная теория является языком описания мира в целом. В настоящее время известны различные варианты языков, обладающих свойствами самоописания (таковым является естественный язык).

Одним из простейших примеров такого языка является язык SELF, предложенный Шмультяном [10]. Хорошо известно, что в самоописывающих языках имеют место аналогии теоремы А. Тарского о невыразимости истинности, т. е. как бы мы ни определяли предикат «истинность» на выражениях этого языка, всегда найдутся такие выражения, относительно которых мы не в состоянии сказать, истинны они или ложны. Все это не вызывает больших сложностей в интерпретации, пока мы рассматриваем истинность, определенную на высказываниях языка, однако когда высказывания превращаются в физические состояния мира, что неизбежно в случае онтологической однородности, то истинность высказывания превращается в факт существования определенного физического состояния.

Аналог теоремы А. Тарского заставляет в этом случае прийти к удивительному выводу о наличии состояний, относительно которых мы не можем сказать, существуют они или нет. Подобный вывод прямо противоречит утверждению об онтологической однородности мира. Выходом из такой ситуации является признание онтологической неоднородности мира, что, по существу, эквивалентно принципу дополнительности Н. Бора, в котором различные пространственно-временные области (объект и прибор) описываются

на разных языках и, следовательно, парадоксов самоопи- сания не возникает ⁷.

Как указывалось в работах самого Н. Бора, принцип дополнительности имеет существенно более широкое приме- нение, чем просто обоснование процедуры измерения в кван- товой механике [2,] 3]. Принцип дополнительности в таком понимании делает возможным синтез различных наук (на- пример, таких, которые затрагивают описание психики че- ловека). Как показывают исследования по истории и фило- софии науки [12, 17], аналогия, приведшая Н. Бора к фор- мулировке этого принципа, возникла под влиянием Х. Хеф- фдинга и У. Джемса, активно разрабатывавших вопросы, связанные с природой человеческого сознания ⁸.

Существенными положениями, вытекающими из прин- ципа дополнительности, являются следующие:

человеческое знание аппроксимирует структуру мира таким образом, что различные модели мира, описывающие существенные компоненты реальности, могут оказаться не- совместимыми;

⁷ Нет также необходимости включать сознание в физическую реаль- ность.

⁸ Так, анализируя взгляды С. Кьеркегора, Х. Хеффдинг писал: «Что же касается выбора, то психология способна лишь указывать на возможности и аппроксимации, мотивы и способы подготовки. Но сам выбор происходит внезапно, в скачке, когда рождается нечто совершенно иное (новое качество). Непрерывность существует лишь в мире возможностей; в реальности же решение всегда прихо- дит через разрыв непрерывности. Однако здесь возникает вопрос: не поддается ли сам этот скачок психологическому наблюдению? Ответ Кьеркегора неясен. Он объясняет, что скачок происходит между двумя моментами, двумя состояниями, одно из которых — это последнее состояние в мире возможностей, а другое — первое в мире реальности. Отсюда почти что вытекает возможность наблю- дения скачка. Но можно также сделать вывод, что скачок происхо- дит бессознательно, и тогда нельзя исключить возможности бес- сознательной непрерывности, являющейся подосновой своего ан- титезиса в мире сознаваемого» [25]. Цитируется по Дж. Холтону [17].

Аналогичное находим и у Джемса: «При самонаблюдении очень трудно подметить переходные моменты в их настоящем виде. Ведь если они только переходная ступень к определенному выводу, то, останавливая на них наше внимание до наступления вывода, мы этим самым уничтожаем их. Пока мы ждем наступления вывода, последний сообщает переходным моментам такую силу и устойчи- вость, что совершенно поглощает их своим блеском. Пусть кто- нибудь попытается захватить вниманием на полдороге переходный момент в процессе мышления, и он убедится, как трудно самонаблю- дение при изменчивых состояниях сознания. Мысль несется стрем- глав, так что почти всегда приводит нас к выводу раньше, чем мы успеваем захватить ее. Если же мы и успеваем захватить ее, она миг- мом видоизменяется» [7].

мир обладает по меньшей мере двухуровневой онтологией. В силу самой истории возникновения принципа дополнительности представляется естественным использовать его в психологии для анализа структуры психики. Таким образом, принцип дополнительности станет элементом метаязыка, объединяющего психологию и физику. Так как мозг является физической системой, появляется возможность перекинуть мост между исследованиями принципов организации мозга и исследованиями структуры психики [13].

Двойственность «волновая функция — классический прибор» хорошо сопоставима как с двойственностью «нейрофизическое описание — молекулярное описание» мозга как физической системы, так и с двойственностью психики — «сознание — бессознательное». Процесс принятия решения человеком неоднократно сопоставлялся с процессом редукции волновой функции в процессе измерения. Модель «мозг — сознание», описываемая на таком языке, выглядит следующим образом.

Имеется некоторый набор актуальных состояний системы A^1, \dots, A^k , которые интерпретируются, с одной стороны, как состояния нейрофизиологической системы, которые могут изменяться под действием внешних факторов, и каждое из таких состояний является аналогом классического измерительного прибора, а с другой стороны, эти состояния могут интерпретироваться как состояния сознания. Имеется также блок, включающий измерение. Каждому из актуальных состояний A^i соответствует набор потенциальных состояний системы $\psi_1^i \dots \psi_N^i \dots$, которые интерпретируются, с одной стороны, состояниями мозга как молекулярной системы, с другой — как бессознательные (неосознанные) состояния психики. Выбор актуального состояния, а следовательно, разделение мозга на квантовую и классические подсистемы возникает вследствие внешнего воздействия на систему.

Сознание действительно обладает рядом классических свойств. В сознании в каждый из моментов времени находится только одна ситуация, являющаяся структурой, содержащей небольшое число элементов; сознание связывает события причинными цепями (обладает детерминированной когнитивной структурой). В противоположность сознанию на уровне бессознательного может одновременно протекать множество различных процессов, которые иногда приводят, казалось бы, к недетерминированному осознанию каких-либо фактов или связей между фактами — *озарению*. В то время как осознанные действия и процессы протекают ве-

сьма медленно, неосознанные процессы, такие, как процесс распознавания сложных образов, происходят мгновенно, несмотря на переработку огромного объема необходимой для этого информации, что позволяет предположить, что подобные процессы не могут осуществляться на классическом уровне. В процессе мышления каждому изменению точки зрения на проблему соответствует измерение структуры и развитие системы, перерабатывающей информацию. Такое описание соответствует аналоговому устройству, для которого в отличие от цифровых ЭВМ не требуется времени для перехода из одного состояния в другое (переход происходит мгновенно в соответствии с принципами квантовой механики) и которое допускает «переструктуризацию», а именно: замене одного самосогласованного квантового состояния системы на другое может соответствовать (также мгновенное) изменение и классического описания. Так как нейрофизиологическое описание системы возможно на языке теории конечных автоматов, то модель допускает, по существу, бесконечное количество описаний на этом языке, причем переход от одного описания к другому, связанный с изменением квантового состояния, вызванным внешним воздействием, может привести к полному изменению архитектуры системы. Из-за наличия «переструктуризации» и соответствующей ей смены адекватного описания такая система подобна морфогенетическим системам. Предлагаемая конструкция позволяет выдвинуть гипотезу, что течение психологического времени связано с количеством актов осознания, т. е. с количеством переструктуризацией, так как именно эти акты являются для сознания единственно возможными опорными метками для отсчета времени.

Введение двухуровневой онтологии оказывается существенным для понимания структуры психики⁹. Таким образом, приведенные выше рассуждения показывают, что концептуальная схема, примененная Н. Бором для интерпретации экспериментов в квантовой механике, становится элементом *междисциплинарного языка*, объединяющего столь далекие области знания, как физика и психология, что открывает возможности понимания проблемы мозг—сознание и ее экспериментального решения.

⁹ «Наличие категории и феноменов бессознательного служило и продолжает служить надежной защитой не только от самых крайних форм редукционизма в психологии, но и от его облегченных форм. Категория бессознательного представляет собой непреодолимую преграду для любых форм редукции психического» [27].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бор Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным?— Избр. науч. тр. М.: Наука, 1971, Т. 2, с. 180—191.
2. Бор Н. Философия естествознания и культуры народов.— Избр. науч. тр. М.: Наука, 1971, Т. 2 с. 280—288.
3. Бор Н. Единство знаний.— Избр. науч. тр. М.: Наука, 1971, Т. 2, с. 481—496.
4. Борн Н. Интерпретация квантовой механики.— В кн.: Борн М. Физика в жизни моего поколения. М.: Изд-во иностр. лит., 1963, с. 252—266.
5. В поисках теории развития науки. М.: Наука, 1982. 296 с.
6. Вигнер Е. Проблема измерения.— В кн.: Вигнер Е. Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971, с. 141—159.
7. Джемс У. Психология. СПб., 1902. 412 с.
8. Кинэн Э. Л., Комри Б. Иерархия доступности именных групп и универсальная грамматика.— В кн.: Новое в лингвистике. М.: Прогресс, 1982, вып. 2, с. 111—165.
9. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.
10. Манин Ю. И. Доказуемое и недоказуемое. М.: Сов. радио, 1979. 167 с.
11. Мирский Э. М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 304 с.
12. Мухелишвили Н. Л., Сергеев В. М. Контекстная семантика понятий и зарождение логических парадигм: (Логика византийских мыслителей и идеи квантовой физики).— В кн.: Текст: семантика и структура. М.: Наука, 1983.
13. Мухелишвили Н. Л., Сергеев В. М. Концептуальная модель функциональной организации мозга.— Докл. АН СССР, 1982, т. 263, № 1, с. 205—207. Мухелишвили Н. Л., Сергеев В. М. Проблема сознания как междисциплинарный синтез.— В кн.: Тез. докл. на VII Междунар. конгр. по логике, методологии и философии науки. Зальцбург, 1983.
14. Нейман И. фон. Математические основы квантовой механики. М.: Наука, 1964. 367 с.
15. Новое в зарубежной лингвистике. М.: Прогресс, 1982. Вып. 11. 460 с.
16. Структура и развитие науки: Бостонские исследования по философии науки. М.: Прогресс, 1978, 487 с.
17. Холтон Дж. Корни дополнительности.— В кн.: Холтон Дж. Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981, с. 159—210.
18. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 146 с.
19. Шредингер Э. Философия эксперимента.— Избр. тр. по квантовой механике. М.: Наука, 1976, с. 288—298.
20. Шредингер Э. Современное положение в квантовой механике.— В кн.: Шредингер Э. Новые пути в физике. М.: Наука, 1971, с. 66—106.
21. Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание физической реальности полным?— В кн.: Эйнштейн А. Собр. науч. тр. М.: Наука, 1966, т. 3, с. 604—611.
22. Cooper L. N. Wavefunction and observer in quantum theory.— In: The physicists conception of nature/Ed. by J. Mehra. Dordrecht, 1973, p. 668—683.

23. *DeWitt B. S.* Quantum mechanics and reality.— *Physics Today*, 1970, vol. 23, N 9, p. 30—40.
24. *Everett H., III.* «Relative state» formulation of quantum mechanics. *Review of Modern Physics*, 1957, vol. 29, N 3, p. 454—462.
25. *Höffding H. A.* History of modern philosophy. N. Y.: Dover Publ. 1955, vol. 2, p. 287—288.
26. The many-worlds interpretation of quantum mechanics/Ed. by B. S. DeWitt, N. Graham. Princeton: Univ. press, 1973. 253 p.
27. *Sintschenko W. P., Mamardaschwili M. K.* Die Erforschung der höheren psychischen Funktionen und die Evolution der Kategorie des Unbewussten.— *Zeitschrift für Psychologie*, 1981, Bd. 189, H. 3, S. 255—267.
28. *Stapp H. P.* The Copenhagen interpretation.— *American Journal of Physics*, 1972, vol. 40, p. 1098—1116.
29. *Stapp H. P.* Whiteheadian approach to quantum theory and generalised Bell's theorem.— *Foundation of Physics*, 1979, vol. 9, N 1/2, p. 1—25.
30. *Wiegner E. P.* Remarks on mind-body question.— In: *Wiegner E. P.* Symmetries and reflections. Cambridge (Mass.); London, 1970, p. 171—184.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

АРБАТОВ АЛЕКСАНДР АРКАДЬЕВИЧ — доктор экономических наук, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

БЕЛЕНЬКИЙ ПЕТР ЕФИМОВИЧ — доктор экономических наук, заведующий отделом Львовского отделения Института экономики АН УССР (Львов)

БУРГИН МАРК СЕМЕНОВИЧ — кандидат физико-математических наук, преподаватель Киевского государственного университета им. Т. Г. Шевченко (Киев)

ВИШНЕВСКИЙ АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ — доктор экономических наук, старший научный сотрудник Института социологических исследований АН СССР

ГВИШИАНИ ДЖЕРМЕН МИХАЙЛОВИЧ — академик, заместитель председателя Госплана СССР, директор Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

ГИСИН ВЛАДИМИР БОРИСОВИЧ — кандидат физико-математических наук, заведующий сектором Научно-исследовательского института общей и педагогической психологии АПН СССР

ГИТТИК ЮРИЙ ЛЕОНИДОВИЧ — научный сотрудник Львовского отделения Института экономики АН УССР (Львов)

ГУТНОВ АЛЕКСЕЙ ЭЛЬБРУСОВИЧ — доктор архитектуры, профессор, заведующий отделом Научно-исследовательского и проектного института генплана г. Москвы

ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН ВИКТОР ИВАНОВИЧ — доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР

КАЦУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

КИШШ ИШТВАН — кандидат технических наук, директор Бюро по системному анализу Государственного комитета по техническому развитию (Венгерская Народная Республика)

КОРЖЕВА ЭЛЬДИНА МИХАЙЛОВНА — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

КУЗНЕЦОВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Института философии АН УССР (Киев)

ЛЕЙБИН ВАЛЕРИЙ МОИСЕЕВИЧ — доктор философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

МАЛКОВ ЛЕОНИД ПЕТРОВИЧ — научный сотрудник Научно-исследовательского института экономики строительства Госстроя СССР

МУСХЕЛИШВИЛИ НИКОЛАЙ ЛЬВОВИЧ — кандидат физико-математических наук, заведующий сектором Института молекулярной генетики АН СССР

НАУМОВА НИНА ФЕДОРОВНА — кандидат философских наук, заведующая лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР . . .

ОЛИЦКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ — кандидат философских наук, доцент Ленинградского кораблестроительного института (Ленинград)

ПАРХОМОВСКИЙ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ — научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института «Электроника»

ПЕГОВ СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ — доктор технических наук, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

ПОСПЕЛОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ — доктор технических наук, профессор, заведующий сектором Вычислительного центра АН СССР

РЫВКИН АЛЬБЕРТ АНАТОЛЬЕВИЧ — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

САЗОНОВ БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований Госплана и АН СССР

СЕРГЕЕВ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории системного анализа Московского государственного института международных отношений МИД СССР

СМИРНОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков

СЮЧ ЭРВИН — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Университета им. Этвеша Лоранда г. Будапешта (Венгерская Народная Республика)

ЦАЛЕНКО МИХАИЛ ШАМШОНОВИЧ — кандидат физико-математических наук, заведующий сектором теории систем Всесоюзного научно-исследовательского института документоведения и архивного дела Главного архивного управления при Совете Министров СССР

ЧЕЛНОКОВ ВАЛЕРИЙ МИХАЙЛОВИЧ — научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института проблем организации и управления Госплана и АН СССР

ШЕВЧЕНКО ВЯЧЕСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ — научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института «Электроника»

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Предисловие | 5 |
| ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | |
| Д. М. Гвишиани. Системные исследования проблем социально-экономического развития СССР | 7 |
| Э. М. Коржева, Н. Ф. Наумова, Б. В. Сазонов. Социологическая интерпретация понятия «проблема» в системных исследованиях | 29 |
| Л. П. Малков. О двух подходах к построению экономических моделей | 48 |
| В. М. Лейбин. Системные исследования и символическая концепция человека | 64 |
| ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ] ЗНАНИЙ О СИСТЕМАХ | |
| Д. А. Поспелов. Представление знаний. Опыт системного анализа | 83 |
| В. М. Челноков. К операционализации понятия] целостности в представлении знаний | 103 |
| В. Б. Гисин, М. Ш. Цаленко. Алгебраическая теория систем и ее приложения. (II) | 113 |
| М. С. Бургин, В. И. Кузнецов. Системный анализ научной теории на основе концепции именованных множеств | 136 |
| СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | |
| С. А. Пегов. Интегральные характеристики в системно-экологическом моделировании .] | 161 |
| В. И. Данилов-Данильян, А. А. Рывкин. К системному анализу долгосрочных процессов природопользования | 172 |
| А. А. Арбатов. Минеральные ресурсы — элемент системы «общество—природа» | 197 |
| А. Э. Гутнов. Системный подход в изучении города: основания и контуры теории городского развития | 211 |
| А. Г. Вишневский. Процессы самоорганизации в демографической системе | 233 |

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

| | |
|--|-----|
| А. И. Смирнов. Системный подход к технологии формообразования | 246 |
| Е. А. Пархомовский, В. В. Шевченко. Системные свойства технических изделий | 261 |
| П. Е. Беленький, Ю. Л. Гиттик. Методологические аспекты организационной деятельности в гибких производственных системах | 280 |
| И. Кишиш, Э. Сюч. Техническое воспитание и системное мышление | 293 |

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ

| | |
|---|-----|
| А. В. Кацура. Научное познание и системные закономерности | 305 |
| А. А. Олицкий. О деятельностном подходе и его месте в структуре знания | 324 |
| Н. Л. Мухелишвили, В. М. Сергеев. Парадоксы и языки междисциплинарного синтеза | 341 |
| Авторы выпуска | 356 |

TABLE OF CONTENTS

| | |
|-------------------|---|
| Preface | 5 |
|-------------------|---|

PHILOSOPHICAL AND METHODOLOGICAL PROBLEMS
OF SYSTEMS RESEARCH

| | |
|---|----|
| J. M. Gvishiani. Systems Research of the Problems of Socio-economic Development of the USSR | 7 |
| E. M. Korzheva, N. F. Naumova, B. V. Sazonov. Sociological Interpretation of the Concept of «Problem» in Systems Studies | 29 |
| L. P. Malkov. On Two Approaches to Economic Modelling | 48 |
| V. M. Leibin. Systems Research and the Symbolic Conception of Human Being | 64 |

FORMALIZED REPRESENTATION
OF KNOWLEDGE OF SYSTEMS

| | |
|---|-----|
| D. A. Pospelov. Representation of Knowledge. An Essay in Systems Analysis | 83 |
| V. M. Chelnokov. On Operationalization of the Concept of Wholeness in Knowledge Representation | 103 |

- V. B. Gisin, M. Sh. Tsalenko.** Algebraic Systems Theory and Its Applications (Part II)
- M. S. Burgin, V. I. Kuznetsov.** Systems Analysis of a Scientific Theory on the Basis of Enumerated Set Theory

SYSTEMS RESEARCH OF ECOLOGICAL
AND DEMOGRAPHICAL PROCESSES

- S. A. Pegov.** Aggregate Characteristics in Ecological Systems Modelling
- V. I. Danilov-Danilyan, A. A. Ryvkin.** On Systems Analysis of Long-Term Processes of Natural Resource utilization
- A. A. Arbatov.** Mineral Resources as a Component of «Society-Environment» System
- A. E. Gutnov.** Systems Approach to Urban Development: Foundations and Outline of a Theory
- A. G. Vishnevsky.** Self-Organization Processes in Demographical System

PROBLEMS IN ORGANIZATION
AND ENGINEERING SYSTEMS

- A. I. Smirnov.** Systems Approach to Technology Shaping
- E. A. Parkhomovsky, V. V. Shevchenko.** Systems Properties of Technological Product
- P. E. Belenky, Yu. L. Gittik.** Methodological Aspects of Organizational Activity in a Production-Technology System
- I. Kiss, E. Sucs.** High School Education in Engineering and Systems Thinking

SYSTEMS APPROACH TO THE
METHODOLOGY OF SCIENCE

- A. B. Katsura.** Scientific Knowledge and Systems Laws
- A. A. Olitsky.** On Activity Oriented Approach and Its Place in the Structure of Knowledge
- N. L. Muskhelishvili, V. M. Sergeyev.** Paradoxes and Languages of Interdisciplinary Synthesis
- Authors

