# СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## Методологические проблемы

Ежегодник

1982

# ЕЖЕГОДНИК
# 1982

---

ОБЩЕМЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

•

МЕТОДОЛОГИЯ ИЗУЧЕНИЯ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

•

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ
И СИСТЕМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

•

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В КОНКРЕТНО-НАУЧНОМ ЗНАНИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт
системных исследований

# СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## Методологические проблемы

Ежегодник
1982

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1982

USSR STATE COMMITTEE
FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY
USSR ACADEMY OF SCIENCES
Institute for Systems Studies

# SYSTEMS RESEARCH

# Methodological Problems

Yearbook
1982

PUBLISHING HOUSE «NAUKA»
MOSCOW 1982

# ПРЕДИСЛОВИЕ

В центре очередного, четырнадцатого выпуска ежегодника — обсуждение ряда общих проблем системных исследований, ставших в последнее время предметом оживленной дискуссии в отечественной и зарубежной специальной литературе. В статьях первого раздела, специально посвященного этой проблематике, рассматриваются, в частности, теоретические предпосылки и практические потребности, обусловившие возникновение системных исследований, специфические особенности моделирования социальных систем, методологические проблемы разработки математической теории систем. Анализу подвергается также архитектоника системных исследований, ее теоретическая обоснованность и структурная завершенность, эффективность системных построений в решении практических задач глобального масштаба, уровень разработки сложившихся в рамках системного подхода теоретических и практических проблем. Содержание статей первого раздела отчетливо показывает, что обсуждение названных проблем немыслимо без обращения к накопленному в системных исследованиях опыту, осмысление которого позволяет выявить тенденции, характеризующие современное состояние системного подхода и заглянуть в его будущее.

Опыт развития системных исследований убедительно свидетельствует, что особенности постановки большинства системных проблем общеметодологического плана обусловлены интенсивным применением системных методов для решения задач современной практики, и в первую очередь практики управления комплексными социально-экономическими системами. Новые аргументы в пользу этого положения формулируются в статьях второго раздела ежегодника, рассматривающих специфику системного изучения, моделирования и описания социально-экономических систем как средства повышения эффективности их функционирования. В конечном итоге именно практика выступает тем оселком, на котором испытываются и от-

тачиваются теоретические разработки, проверяется обоснованность переходов от моделей к построению организационных механизмов, выработке методик и схем, обеспечивающих надежное взаимодействие управленческой техники и ответственных за принятие решений людей.

Состояние и перспективы исследований принятия решений в системах человеческой деятельности специально обсуждаются в статьях третьего раздела ежегодника, авторы которых демонстрируют связь этой проблематики с наиболее «горячими» точками исследований и дискуссий в современной психологии и эргономике. Формирование исследований принятия решений в самостоятельное направление предусматривает, как это видно из содержания этих статей, разработку специальных методологических средств, которые позволили бы эффективно связать уже существующие и вновь создаваемые формальные описания схем и процедур принятия решений с психологическими концепциями и эмпирией, относящейся к поведению личности в разнообразных системах деятельности.

Четвертый раздел выпуска представляет читателю традиционную для ежегодника в целом тематику — сообщения о наиболее интересных с методологической точки зрения случаях применения системных идей и методов в конкретно-научном знании и соответственно о тех проблемах, которые в этой связи встают перед методологами. В центре раздела находятся три статьи, обсуждающие использование системного подхода для построения предмета исследования биологических объектов разного уровня сложности и различной степени изученности.

Развитие системных исследований последних лет показывает, что наряду со все более широким распространением системных идей в самых различных областях человеческой деятельности происходит определенная кристаллизация проблематики и концентрация исследовательских усилий вокруг узловых методологических проблем. Редколлегия видит свою задачу в том, чтобы способствовать выявлению и исследованию этой проблематики.

# ОБЩЕМЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМ ГЛОБАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ *

Д. М. ГВИШИАНИ

Системные исследования получают все более широкое распространение в различных странах мира.

Если проследить содержательную эволюцию системных исследований, то наряду с общими тенденциями можно выявить и особенности этой эволюции в различных странах и в различных областях деятельности. Характер этой эволюции отразился и в изменении отношения к системным исследованиям со стороны ученых и практиков: в одних случаях преувеличенные ожидания сменялись глубокими разочарованиями, в других случаях на смену первоначальному скептицизму приходила обоснованная опытом уверенность в эффективности системных исследований.

На современном этапе развития системных исследований первостепенное значение имеет разработка двух вопросов: *теоретическое обоснование* специфических для системных исследований подходов и средств и *определение путей повышения эффективности* использования системных исследований для решения актуальных практических задач. Мы остановимся на этих вопросах в данной статье, причем второй из них рассмотрим на примере приложения идей и принципов системного подхода для исследования глобальных проблем современности.

* При написании настоящей статьи использованы материалы докладов, прочитанных на III Всесоюзном совещании по философским вопросам современного естествознания (Москва, апрель 1981 г.) и на Советско-французском симпозиуме по применению системного анализа (Париж, март 1982 г.)

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специфика системных исследований состоит в их направленности на изучение сложных, комплексных, крупномасштабных (в том числе глобальных социально-экономических) проблем, в последовательной ориентации исследователей не только на познание существа изучаемых проблем и соответствующих объектов, но и на создание средств, обеспечивающих управление этими объектами, разрешение имеющихся проблем. Это единство исследовательских и преобразующих функций обусловливает комплексный, междисциплинарный характер системных исследований [8].

Рассмотрим теоретические и эмпирические аргументы в пользу такой характеристики системных исследований. Прежде всего попытаемся подойти к системным исследованиям как к элементу более широкой среды, в которой они, с одной стороны, обусловлены другими ее элементами, а с другой — выполняют определенные активные функции. Иными словами, попытаемся *системно подойти к самим системным исследованиям.*

Системные исследования взаимодействуют с несколькими группами факторов: являясь одним из видов научной деятельности, они взаимодействуют с другими ее видами, причем специфическим для системных методов является формирование интегративного представления исследуемых или конструируемых объектов. Системные исследования испытывают воздействие со стороны многообразных человеческих потребностей (индивидуальных и коллективных, общественных) и оказывают на них обратное влияние, направлены на их удовлетворение. Это взаимодействие опосредствовано управлением и технико-производственными факторами, включая средства удовлетворения материальных человеческих потребностей, а также социальными структурами и процессами, типом культуры и ценностными ориентациями различных категорий населения. Наличие прямых и обратных связей позволяет рассматривать всю эту совокупность факторов как достаточно целостную и вместе с тем динамичную, противоречивую систему.

Характеристика данной совокупности факторов существенно изменилась на протяжении XX века. Это — век

социалистических революций и национально-освободительных движений, мировых войн и полного крушения феодализма и колониализма, выхода всех народов мира на арену самостоятельной социально-политической жизни и радикальных изменений в культуре и ценностных ориентациях, в структуре потребностей широчайших масс населения. Вместе с тем, это — век научно-технической революции, которая несет с собой качественно новый уровень в развитии производительных сил, характеризуемый превращением науки в ведущую производительную силу, преобразованием всей материально-технической базы производства, созданием качественно новых возможностей для удовлетворения меняющихся человеческих потребностей. Наконец, это — век возникновения и обострения глобальных проблем, которые имеют жизненно важное значение для всего человечества и конструктивное решение которых требует сотрудничества всех или подавляющего большинства народов мира, консолидации усилий всего человечества,— таких, как проблемы войны и мира, прекращения гонки вооружений, установления справедливого международного порядка, предотвращения загрязнения атмосферы, Мирового океана и т. п.

Глубокие качественные изменения совершались в XX веке и на уровне научно-технического и социально-экономического развития отдельных стран, в характере и задачах управления этим развитием: объекты управления становятся гигантскими по своим масштабам и сложности; в рамках каждого объекта усиливается взаимосвязь качественно разнородных факторов (экономических, социальных, экологических, технических); возрастает взаимозависимость различных уровней структуры объектов; ускоряются темпы протекающих и требующих регулирования процессов; в связи с этим резко возрастают требования к эффективности управления, которое должно быть оперативным, комплексным, долгосрочным (см. [13]).

Как все это отразилось на свойствах выделенной нами совокупности факторов? Во-первых, произошло резкое ускорение темпов и экспоненциальное возрастание масштабов функционирования отдельных факторов и их совокупности в целом (подчеркнем одновременность роста темпов и масштабов, что свидетельствует о необычайной мощи сил, вызвавших все эти изменения). Во-вторых, усилились взаимосвязи, взаимодействия между факторами, но вместе с тем обострилась и неравномерность развития

различных факторов — неравномерность как во времени (например, отставание социально-экономических изменений от технико-производственных), так и в пространстве (различия в уровнях развития различных стран и регионов).

Все это привело к возникновению качественно новых проблем и задач управления, к важнейшим из которых относятся:

— многокритериальность все большего числа процессов, нуждающихся в управлении;

— слабая структурированность проблем, требующих все более срочного решения;

— нарастание негативных непредвиденных последствий, в том числе в, так сказать, традиционно благополучных областях деятельности;

— отсутствие адекватных средств подготовки к встрече с непредвиденным, своевременного решения слабоструктурированных проблем и управления многокритериальными процессами.

Все эти проблемы и задачи относятся как к интересующей нас совокупности факторов, так и к каждому фактору в отдельности, в том числе и к научной деятельности. Более того, перед наукой они выступают в двух взаимосвязанных аспектах: с одной стороны, как внутренние проблемы развития данной области человеческой деятельности, а с другой — как задачи, которые наука должна решить, выполняя свои функции по отношению к другим элементам системы.

Решение этих проблем и задач сопровождалось развитием двух взаимосвязанных тенденций в научной деятельности: *дифференциации* и *интеграции* научных дисциплин и областей знания. Тенденция дифференциации, отпочкования все новых и новых научных дисциплин в большей мере соответствовала предшествующему этапу в развитии науки, когда в умонастроении ученых преобладали элементаризм, с его постулатом об онтологической данности элементарных «кирпичиков» любого объекта, и редукционизм, допускавший возможность сведения высшего к низшему, целого — к сумме частей. Эта тенденция усиливалась возраставшей стоимостью исследований, побуждавшей организаторов науки к проведению более узких и специальных, но менее дорогих исследований.

Тенденция дифференциации в науке дала немало ценных результатов и продолжает действовать в настоящее

время. Однако, уже в первой половине XX в. она обнаружила свою ограниченность: ее развитие не позволяло эффективно решить охарактеризованные выше новые проблемы и задачи. Поэтому все большее значение получает тенденция интеграции научных знаний. Простейшая ее форма заключается в появлении на стыке двух-трех дисциплин еще одной, новой дисциплины; это, так сказать, интеграция на почве элементаризма, оборотной стороной которой оказывается все та же дифференциация. Более сложные формы интегративной тенденции в науке опираются на принципы целостности и системности.

Наиболее значимые результаты этой тенденции выразились в попытках создания принципиально новых теоретических конструкций, методологических средств познания и инструментов практической деятельности. В процессе этого развития произошло становление трех основных областей системных исследований.

Первая такая область связана с попытками создания *универсальных системных концептуальных построений* (неформализованных общих теорий систем). Примерами таких попыток могут служить «тектология», или «всеобщая организационная наука», А. А. Богданова [5], общая теория систем Л. фон Берталанфи [23], теоретическая кибернетика Н. Винера и У. Росс Эшби [6; 22]. Эти попытки имели разную судьбу и оказали различное влияние на развитие науки в целом и системных исследований в особенности. И все же у них есть нечто общее: с течением времени сохраняется и даже возрастает значимость их системно-методологического содержания, чего нельзя сказать об их системно-теоретических построениях.

Вторая область охватывает разработку *специализированных методологических подходов к исследованию систем.* Примерами таких подходов служат структурно-функциональный анализ Т. Парсонса и Р. Мертона в социологии [28; 27], структуралистская концепция Ф. Соссюра в языкознании [20], ряд подходов в биологии и физиологии, экологии и т. д. Эти подходы сохраняют научную ценность, но лишь как специализированные, ориентированные на изучение определенных типов систем или их аспектов. Вместе с тем, они способствовали формированию системного подхода как междисциплинарной, общенаучной методологии, составляющей один из важнейших компонентов современных системных исследований.

Третья область связана с разработкой различных видов *инструментария, обеспечивающего практическое решение слабоструктурированных задач управления* многокритериальными процессами и событиями. Это было осуществлено в рамках исследования операций, системотехники и ряда других нетрадиционных методологий, возникших в последние два-три десятилетия. Как определенное обобщение такого рода методологий сложился и интенсивно развивается в настоящее время системный анализ. Он имеет практическую ярко выраженную направленность и в его области ныне работает весьма большое число специалистов.

Сказанное позволяет сделать вывод о том, что в структуре современных системных исследований следует выделять три хотя и взаимосвязанные, но относительно независимые направления — *общую теорию систем*, *системный подход* и *системный анализ*. Специфической задачей системного подхода является выражение принципов, понятий и методов системных исследований на уровне общенаучной методологии. Системный анализ в основном имеет дело с разработкой теоретико-методологических средств исследований, конструирования систем и управления системами, включающими человеческий, целенаправленный фактор. Общая же теория систем, по первоначальным замыслам авторов этой концепции, должна выступить в качестве общей науки о системах любых типов; однако, реализация таких замыслов натолкнулась на очень серьезные трудности.

Оставляя в стороне дискуссионный вопрос о перспективах развития общей теории систем, остановимся более подробно на задачах и специфических особенностях системного подхода и системного анализа.

## ОБЩЕНАУЧНЫЙ ХАРАКТЕР СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Системный подход выступает как одно из *общенаучных методологических направлений*. Это означает, что он ориентирован не на какую-либо специальную науку (сколь важное место в системе научного знания она бы ни занимала), а на науку в целом, на интеграцию достижений общественных, естественных и технических наук, а также опыта практической деятельности, прежде всего в области организации и управления.

Общенаучный характер системного подхода обусловливает его специфическое место в системе научного знания. Не претендуя на философскую общность выводов, системный подход выступает как одно из связующих звеньев между общефилософской методологией и методологией специальных наук (см. [3; 18]).

Связь системного подхода с философией реализуется прежде всего через *принцип системности.* Этот принцип был осознан уже в рамках натурфилософии Нового времени, затем развит на идеалистической основе в немецкой классической философии, а первое свое научное выражение получил в трудах Маркса и Энгельса, в особенности в «Капитале» (см. [10; 4]). Суть этого принципа состоит в понимании системы как комплекса взаимосвязанных элементов, образующих некоторую целостность.

Воспринимая этот и некоторые другие философские принципы (например, принцип развития) и выражая интегративные тенденции в современном научном знании, системный подход ориентирует специальные дисциплины на достижение целостного, синтетического видения изучаемых сложных объектов. В этом смысле его идеалом является *системный синтез,* в котором воплощается интеграция специальных знаний, реализуется доминирующая роль синтетического мышления по отношению к аналитическому.

Следует подчеркнуть, что системный подход представляет собой междисциплинарную методологию особого типа, обеспечивающую такую интеграцию знаний, при которой специальные науки сохраняют свою самостоятельность и специфичность, не сводятся одна к другой, но их фактические данные и теоретические построения объединяются вокруг системных методов исследования как общего способа, интегрирующего научное знание в целях повышения его практической эффективности (см. [14]).

Целенаправленность, достижение практического эффекта составляет конечную задачу и отличительную черту исследований, основанных на методологии системного анализа. Как правило, такие исследования возникают там, где нет зрелой теории, относящейся к исследуемой ситуации, да и сама задача о выделении исследуемой ситуации не представляется тривиальной; где цели исследования слишком общи, расплывчаты, недостаточно конкретны и

где не просто неясно, как *лучше* сделать то, что мы собираемся сделать, но и вообще неясно, как *это сделать* (см. [16]). Можно сказать, что задачей системного исследования является одновременно как построение картины проблемной ситуации (аналитическая фаза исследования), так и осознание тех конкретных задач, которые в этой ситуации целесообразно перед собой ставить, и тех действий, которые могут и должны привести к их решению (синтетическая фаза).

Таким образом, если междисциплинарная база системного подхода обеспечивается общенаучным характером его теоретико-методологического аппарата, то междисциплинарная природа прикладного системного анализа опирается на конкретные формы предметных взаимодействий и практической, преобразующей деятельности человека. Такое исследование синтетично по меньшей мере дважды: один раз, когда требует «синтеза» новой системы представлений, а другой — когда требует синтеза вытекающих из этой системы действий.

Синтез, осуществляемый системным анализом, почти никогда не претендует на ту степень законченности, которая характерна для исследований классического типа. Для системных исследований гораздо более важна идея организмичности, «жизни» системы — ее рождения, становления, мужания, старения и умирания,— идея гибкости, простоты и сменяемости системных моделей и представлений.

Таким образом, системные исследования в целом (и системный подход как их методологическая сердцевина) призваны решать триединую задачу: аккумулировать в общенаучных понятиях и концепциях новейшие результаты общественных, естественных и технических наук, касающиеся системной организованности объектов действительности и способов их познания; вбирать в себя принципы и опыт развития диалектико-материалистической философии, прежде всего результаты разработки философского принципа системности и ряда связанных с ним категорий; применять разработанный на этой основе концептуальный аппарат и средства моделирования для решения актуальных комплексных проблем. В системных исследованиях особую важность приобретает дальнейшая разработка прикладных методик, реализующих синтетические возможности системного подхода и обеспечивающих системный синтез знания об изучаемых процессах,

синтез, ориентированный на решение теоретических и практических задач. Одной из областей, где ощущается настоятельная потребность в таком междисциплинарном системном синтезе, является изучение процессов глобального развития.

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРОЦЕССЫ ГЛОБАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В предшествующих разделах статьи мы уже упомянули *глобальные проблемы*, стоящие в настоящее время перед человечеством. К числу таких проблем относятся: сохранение окружающей среды, обеспечение потребностей растущего населения планеты в энергии, ресурсах и продовольствии, охрана Мирового океана, предотвращение необратимых климатических изменений, преодоление экономической отсталости и вопиющей бедности в ряде регионов мира и т. п.

Не подлежит сомнению, что главной, центральной проблемой, стоящей перед современным человечеством, от решения которой зависят все остальные, является предотвращение войны, разрядка международной напряженности, ибо для того, чтобы принять эффективные конструктивные меры, направленные на преодоление и предотвращение нежелательных тенденций глобального развития, необходима консолидация усилий всех прогрессивных сил планеты.

Необходимость исследования глобальных процессов диктуется в наше время не только чисто научными, познавательными целями; оно превратилось в важную *практическую* проблему, от решения которой зависит осуществление намеченных планов социально-экономического развития. Как отмечалось в Отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду партии, в перспективе такие проблемы «будут оказывать все более заметное влияние на жизнь каждого народа, на всю систему международных отношений. Наша страна, как и другие страны социализма, не может стоять в стороне от решения этих проблем, затрагивающих интересы всего человечества» [1, с. 56].

В этой связи особенно необходим всесторонний анализ роли науки в исследовании и поисках путей решения глобальных проблем современности. Именно этот конструктивный аспект в исследовании глобальной проблемати-

ки представляется в настоящий момент особенно актуальным [1].

Обычно выделяют две группы глобальных проблем. Во-первых, связанные с преобразованием международных отношений, включая предотвращение угрозы термоядерной войны, свертывание гонки вооружений, развитие международного сотрудничества на основе мирного сосуществования стран с различными общественными системами, перестройку международных экономических отношений в соответствии с принципами уважения национального суверенитета, равноправия, взаимной выгоды и т. д. Во-вторых, сложный комплекс вопросов оптимизации взаимодействия человечества и природы, удовлетворения растущих потребностей увеличивающегося населения планеты в условиях, когда гигантски выросли энергетические и иные воздействия человека на среду своего обитания и когда все более дает о себе знать ограниченность традиционных природных ресурсов.

Не подвергая сомнению важность и глобальность названных проблем, мы тем не менее хотим обратить внимание на то, что *критерии,* по которым тем или иным проблемам приписывается статус глобальности, далеко не всегда ясны. Действительно, глобальные проблемы нередко отождествляют со всей совокупностью проблем, которые стоят ныне перед человечеством. Но насколько это обосновано и плодотворно? Не будет ли более верным рассматривать глобальные проблемы как специфический тип среди совокупности проблем глобального развития?

---

[1] Известно, что глобальные проблемы весьма широко анализируются в зарубежной литературе. Наиболее значительные из опубликованных за рубежом глобальных проектов были достаточно широко освещены и критически проанализированы в отечественной научной литературе. Из относительно недавних работ определенный интерес для советских исследователей могут, на наш взгляд, представлять два последних доклада Римскому клубу: «Нет пределов обучаемости» [24], посвященный проблемам адаптации человека и общества к изменениям, вносимым в современную жизнь научно-технической революцией, и «Третий мир: три четверти мира» [25], в котором сделана попытка проанализировать проблемы развития с позиций западноевропейских стран, а также доклад «Интерфьючерс» [26], подготовленный по инициативе правительства Японии группой ученых стран — членов ОЭСР и посвященный перспективам мирового промышленного развития на ближайшие пятьдесят лет, обещающие, по мнению авторов, стать сложным переходным, «промежуточным будущим».

Ответить на эти вопросы — значит обосновать критерии, по которым та или иная проблема принадлежит или не принадлежит к типу глобальных, и соотнести ее с другими типами проблем, стоящих перед человечеством. Иными словами, необходимо *представить всю проблематику глобального развития как некоторую систему*, одну из подсистем которой как раз и составляют глобальные проблемы. А это предполагает характеристику глобальной системы как универсальной объективной реальности, развитие которой на современном этапе характеризуется, с одной стороны, совокупностью всего того, чего достигло человечество в ходе своего многовекового развития, а с другой — совокупностью или, точнее, системой проблем, включающей несколько специфических подсистем.

Научное решение такого рода фундаментальных задач возможно лишь на основе научной теории общественного развития, целостного, постоянно развивающегося философского, экономического и политического учения, ориентированного на революционное преобразование действительности. Именно в марксизме-ленинизме, в диалектическом и историческом материализме сформулированы и всей практикой исторического развития человечества доказаны фундаментальные теоретические и методологические принципы, позволяющие научно подойти к решению поставленных задач.

Опираясь на эти принципы, мы можем охарактеризовать *глобальную систему* как совокупность взаимосвязанных компонентов цивилизации и природы, возникшую и развивающуюся в результате деятельности индивидов, социальных и культурных обществ и всего человечества — деятельности, направленной на удовлетворение потребностей людей. Материальную основу саморазвития этой системы составляет прогрессивное изменение способов и средств человеческой деятельности. Характерная особенность глобальной системы как объекта научного изучения — активное воздействие на ее развитие целенаправленной человеческой деятельности, принимаемых людьми решений. Наличие множества субъектов деятельности с существенно различными интересами, потребностями и целями несет в себе возможность противоречий и конфликтов, служит источником проблем, специфических для каждого этапа развития глобальной системы.

Совокупность проблем современного этапа развития глобальной системы представляет собой *многоуровневую*

*систему*. Наиболее высокий ее уровень образуют *обобщенные альтернативы развития* глобальной системы как целого.

При анализе мировых проблем часто в качестве основного критерия «глобальности» берут масштабы их распространения, правомерно считая, что это прежде всего проблемы, затрагивающие все регионы мира, все человечество. Между тем среди широкого круга проблем, удовлетворяющих этому признаку, есть вопросы, которые, сохраняя свою остроту и актуальность для большинства стран и регионов мира и потому важных для всего человечества в целом, вместе с тем требуют специфических решений и действий на национальном и региональном уровнях. Таковы, в частности, некоторые проблемы здравоохранения и борьбы с опасными заболеваниями, отдельные аспекты охраны окружающей среды, урбанизации и т. д. Их правомернее поэтому называть не глобальными, а *универсальными*. Другими словами, масштабы распространения не могут служить единственным критерием «глобальности»: это необходимое, но недостаточное условие, позволяющее относить ту или иную из актуальных мировых проблем к этой категории.

Среди некоторых исследователей — особенно в период становления глобальных исследований — наблюдалась тенденция считать необходимым и достаточным условием глобальности проблемы порождаемую ею угрозу самому существованию, «выживанию» человечества на планете. Такой подход, в частности, характерен для так называемых алармистов, акцентирующих внимание на экологических и биологических аспектах проблематики. Вполне правомерная для данных конкретно-исторических условий, такая постановка вопроса тем не менее оставляет в тени социально-культурные аспекты «выживания». Для человека как существа биосоциального и для всего человечества в целом далеко не безразлично, что считать «выживанием» и какой ценой оно будет достигнуто. Научно-фантастическая литература рисует множество различных, но одинаково неприемлемых для нас картин — от окончательного отчуждения человека от природной среды и порабощения его искусственно созданным «вторичным» техническим миром до возврата к «первозданным» нормам существования и отказа от всех завоеваний цивилизации. Вряд ли это можно всерьез считать целью выживания человечества, особенно учитывая достигнутый

небывалый уровень развития культуры, науки и техники. Очевидно, что решение глобальных проблем состоит не в отказе от достижений цивилизации, а в их разумном использовании, не в капитуляции перед силами, создавшими угрозу выживанию, а в объединении усилий всех стран и народов для ее своевременного устранения.

В свете вышесказанного *глобальными* проблемами представляется целесообразным считать такие, которые имеют жизненно важное значение для всего человечества и конструктивное решение которых требует сотрудничества всех или подавляющего большинства народов мира, консолидации усилий всего человечества. Именно такими являются проблемы войны и мира, прекращения гонки вооружений, установления справедливого международного экономического порядка, борьбы с загрязнением Мирового океана и атмосферы и т. п.

*Универсальные* же проблемы, имея широкую сферу распространения и будучи жизненно важными для всех или большинства народов, вместе с тем по преимуществу остаются в сфере компетенции данной страны или региона. Разумеется, двустороннее или многостороннее сотрудничество способствует эффективному их решению, однако оно не является основополагающим, главным фактором, как в случае разрешения собственно глобальных проблем.

Конечно, предлагаемая классификация мировой проблематики не может не быть в известной мере условной, однако, не претендуя на полноту, она показала себя весьма продуктивной при постановке и решении ряда теоретических и прикладных задач. В частности, такой подход взят за основу в исследованиях, проводимых в Международном институте прикладного системного анализа в г. Лаксенбурге (Австрия).

Универсальные и глобальные проблемы имеют между собой и общие черты, и существенные различия. Выявление последних позволяет зафиксировать специфику глобальных проблем как феномена, возникшего на современном этапе развития человечества, глобальной системы в целом. Каковы же место и роль этого своеобразного феномена в современном развитии глобальной системы? Как связаны глобальные проблемы с универсальными?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо подняться на самый высокий уровень проблем глобального развития — на уровень обобщенных альтернатив. Исходя из

теоретических принципов марксизма-ленинизма и опираясь на анализ совокупности конкретных проблем — универсальных, глобальных, секторальных и региональных,— мы выделяем три обобщенные альтернативы: социально-классовую, общедемократическую и гуманистическую.

Основное противоречие современной эпохи составляет противоборство между социализмом и капитализмом, между рабочим классом и буржуазией. Их противоборство глубоко пронизывает все основные типы отношений, всю структуру глобальной системы. Иными словами, социализм или капитализм — это *социально-классовая обобщенная альтернатива*, борьба за то или иное решение которой в конечном счете определяет развитие глобальной системы в нашу эпоху. Именно социально-классовой альтернативой обусловлено кардинальное решение проблем бедности и социального неравенства в ряде развивающихся стран. Существо проблем национально-освободительной и классовой борьбы, как известно, составляет противоположность интересов различных социально-экономических и политических сил, и решаются они путем непримиримой борьбы этих сил. Только победой может завершиться борьба бывших колониальных народов против сохраняющихся форм агрессии и экспансии со стороны империалистических государств, за достижение полного суверенитета во внутренней и внешней политике.

В условиях борьбы за разрядку международной напряженности, за сотрудничество в решении общих для всего человечества проблем рост политического влияния прогрессивного общественного строя во многом определяет и оздоровление политического климата на планете, развитие взаимопонимания и доверия между людьми и народами. Глобальные проблемы выступают, таким образом, как новый комплексный фактор, в котором специфически фокусируется потребность в консолидации усилий человечества.

Все большее значение приобретают сейчас процессы интернационализации экономической, культурной и других сфер жизни различных народов. На базе общечеловеческих критериев, ценностей и норм формируется система отношений, консолидирующих человечество как общность.

От развития этих процессов зависит решение *второй обобщенной альтернативы — общедемократической*. Кон-

солидация в достижении жизненно важных для подавляющего большинства человечества целей, имеющих общедемократический характер, во многом способствовала бы позитивному решению глобальных проблем. Целый ряд объективных тенденций в развитии современного мира дает нам основания с оптимизмом смотреть в будущее. Сложились мощные социально-политические силы, заинтересованные в консолидации человечества, расширяется их влияние на мировой арене. Однако не следует забывать, что им противостоят все еще могущественные социальные группы и организации, заинтересованные в том, чтобы затормозить эти прогрессивные процессы, сохранить и углубить разобщенность и конфронтацию между народами. Таким образом, консолидация или разобщение усилий человечества, направленных на решение глобальных проблем,— общедемократическая обобщенная альтернатива глобального развития.

*Третья обобщенная альтернатива* связана с ответом на вопрос о высшей цели или конечном смысле разрешения всех проблем и альтернатив развития человечества. Этот высший смысл марксизм видит во всестороннем развитии потенций и качеств человека, в формировании *целостного человека*, а это, в свою очередь, предполагает создание соответствующих объективных условий.

Целостный или частичный (отчужденный) человек — *гуманистическая обобщенная альтернатива* развития общественных и экологических условий, в которых формируется и развивается личность.

Все три охарактеризованные выше обобщенные альтернативы диалектически связаны друг с другом и образуют в совокупности определенную целостность, соотносящуюся с многообразием конкретной проблематики развития глобальной системы. Взаимосвязь социально-классовой и общедемократической альтернатив заключается в том, что социализм и капитализм демонстрируют существенно различные подходы к решению общедемократической альтернативы, а само это различие является одним из факторов решения социально-классовой альтернативы. Как отмечает Л. И. Брежнев, «социалистическая часть мира своим внутренним развитием и своим подходом к международным отношениям дает хороший пример того, какими путями лучше всего решать большие проблемы, встающие перед человечеством» [2, с. 598]. Социализм открывает и дает пути решения общедемократической

альтернативы, а демократические силы, борясь за решение этой альтернативы, находят в социализме своего естественного союзника. Иными словами, характер взаимосвязи этих двух обобщенных альтернатив глобального развития полностью соответствует принципам соотношения социалистических и общедемократических задач пролетариата, сформулированных В. И. Лениным.

Важнейшая особенность глобальных проблем как специфического феномена современного развития глобальной системы состоит в том, что конструктивное их решение возможно лишь на путях международного сотрудничества, консолидации усилий всего человечества.

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГЛОБАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Исследование глобальной системы предполагает привлечение знаний и методов из различных дисциплин. Одной из современных методик комплексного, междисциплинарного изучения этих процессов, основанной на принципах системного подхода и обеспечивающей необходимый синтез знаний об отдельных сторонах и элементах глобальной системы, является *глобальное моделирование* с применением формальных математических методов. Моделирование включает три основных этапа: *подготовку*, *исследование* и *использование* моделей. На этапе подготовки модели осуществляются сбор, накопление, преобразование и анализ статистической информации, формулирование и формализация гипотез относительно описания тех или иных процессов, создание вычислительных программ отдельных подмоделей, объединение отдельных подмоделей в единую модель исследуемого объекта, построение и формализация альтернативных сценариев развития. Исследование модели включает проверку ее адекватности и определение области применения, идентификацию параметров модели, исследование устойчивости решений и их чувствительности к изменениям параметров модели и управляющих воздействий. Этап использования модели заключается в исследовании поведения моделируемого объекта при различных сценариях развития, а также в принятии оптимальных решений. Значительных усилий на этом этапе требует интерпретация результатов моделирования, связанная с анализом больших объемов информации.

Методологические основы глобального моделирования

довольно подробно разобраны в ряде специально посвященных этим вопросам работ (см. [7, 9, 11, 12, 15, 17, 19, 21]), поэтому ограничимся здесь лишь кратким перечнем принципов, положенных в основу системы моделирования глобального развития, разрабатываемой во Всесоюзном научно-исследовательском институте системных исследований (ВНИИСИ).

*Человеко-машинный подход.* Все указанные выше этапы моделирования в той или иной мере поддаются автоматизации, освобождающей исследователей от непроизводительной рутинной работы. Однако любая из перечисленных операций включает аспекты, требующие творческого подхода, искусства и опыта исследователя. Поэтому система моделирования строится на базе разумного распределения обязанностей между человеком и ЭВМ. При этом все операции по моделированию выполняются в режиме диалога.

*Универсальность системы моделирования* позволяет использовать ее для решения широкого класса задач выбранной проблемной ситуации. При этом обеспечиваются не отдельные аспекты моделирования, а весь комплекс взаимосвязанных операций, составляющих моделирование.

*Адаптивность системы моделирования*, т. е. приспосабливаемость ее к изменяющимся постановкам задач, позволяет легко перестраивать как исходную модель, так и математические методы ее исследования.

*Сочетание количественных и качественных методов исследования* ориентировано на использование преимуществ формального моделирования и неформальных возможностей человека, привлечение как можно большего числа относящихся к проблеме факторов, включая те явления, динамика которых неформализуема в настоящее время или вовсе не поддается формализации.

*Открытость и кумулятивность*, т. е. способность системы совершенствоваться по мере накопления знаний, обеспечивается путем замены существующих блоков модели и элементов системы более совершенными, путем создания дополнительных новых блоков и обновления информации в банках данных, путем накопления моделей, сценариев, алгоритмов, статистической информации.

*Специфичность* — способность использовать общие свойства того класса задач, для которых предназначена система моделирования, позволяет упростить применяемые методы, алгоритмы и программы.

*Простота в использовании* — доступность системы исследователю на всех этапах моделирования, возможность организации общения человека с ЭВМ таким образом, чтобы «запросы» машине и ее «ответы» исследователь получал на языке, близком к естественному.

Создание охарактеризованной системы моделирования процессов глобального развития потребовало ряда новых научных и технических решений. Кое что уже удалось довести до конца, видны принципиальные пути устранения отдельных трудностей, но есть и задачи, которые мы пока решить не можем. Вместе с тем уже сегодня с помощью этой системы моделирования можно с успехом решать ряд интересных проблем. В заключение следует подчеркнуть, что сама по себе модель, группа моделей или даже система моделирования не дают никаких готовых результатов, ничего не предлагают и ничего не предсказывают. Они, как и всякий инструмент, хороши только в искусных руках, и качество проводимых с их помощью исследований определяется в конечном счете глубиной и содержательностью тех содержательных разработок, которые лежат в основе любого имитационного эксперимента.

Проведенный анализ глобальной проблематики, как мы надеемся, показал высокую эффективность применения в этой области концептуального инструментария системных методов исследования. Эти методы оказались необходимым средством как для определения специфики глобальной проблематики и формулирования критериев отнесения тех или иных проблем к глобальным, так и для исследования этих проблем путем построения системы моделирования процессов глобального развития. Есть все основания считать, что опыт системного исследования глобальных проблем имеет весьма общий характер и может быть с успехом применен к решению других актуальных практических проблем.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Материалы XXV съезда КПСС. М.: Политиздат, 1976. 276 с.
2. *Брежнев Л. И.* Ленинским курсом. Речи и статьи. Т. 6, М.: Политиздат, 1978. 680 с.
3. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973, 270 с.
4. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Б. Г.* Философский принцип системности и системный подход.— Вопросы философии, 1978, № 8, с. 39—52.

5. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука: Тектология. Изд. 3-е. Т. I. М.: Книга, 1925. 300 с. Т. II. М.: Книга, 1927. 252 с. Т. III. М.: Книга, 1929. 221 с.
6. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
7. *Гвишиани Д. М.* Глобальные проблемы и роль науки в их решении.— Вопросы философии, 1979, № 7, с. 91—101.
8. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
9. *Геловани В. А.* Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник 1980. М.: Наука, 1981, с. 155—173.
10. *Кузьмин В. П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 1980. 312 с.
11. *Лапин Н. И.* Неформализованные элементы системы моделирования.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник 1979. М.: Наука, 1980, с. 163—179.
12. Методология системного анализа. М.: ВНИИСИ, 1978. (Тр. ВНИИСИ. Вып. 6). 95 с.
13. *Мильнер Б. З.* Организация программно-целевого управления. М.: Наука, 1980. 376 с.
14. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 278 с.
15. Моделирование процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1979. (Тр. ВНИИСИ. Вып. 8). 122 с.
16. *Наппельбаум Э. Л.* Системный анализ как программа научных исследований — структура и ключевые понятия.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник 1979, М.: Наука, 1980, с. 55—77.
17. Неформализованные элементы глобального моделирования. Материалы семинара. М.: ВНИИСИ, 1981. 119 с.
18. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: Логико-методологический анализ. М.: Наука, 1974, 279 с.
19. Системное моделирование процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1980, (Тр. ВНИИСИ. Вып. 14). 143 с.
20. *Соссюр Ф. де.* Труды по языкознанию. М.: Прогресс, 1977, 695 с.
21. Социологические аспекты глобального моделирования. М.: ВНИИСИ, 1979. (Тр. ВНИИСИ. Вып. 6). 96 с.
22. *Эшби У. Росс.* Введение в кибернетику. М.: Иностранная литература, 1959, 432 с.
23. *Bertalanffy L. von.* General systems theory: Foundations, development, applications. L.: The Penguin Press, 1971. XXII — 311 p.
24. *Botkin I., Elmandira M., Malitza M.* No limits to learning. Bridging the human gap: A report to the Club of Rome. Oxford; New York, 1979.
25. *Guernier M.* Tiers-monde: trois quarts du monde. P., 1980.
26. Interfutures: Final report. Facing the future: Mastering the probable and managing the unpredictable. Paris: OECD, 1979. 425 p.
27. *Merton R. K.* Social Theory and Social Structure. Revised and enlarged ed. Glencoe, 1967.
28. *Parsons T.* The Social System. Glencoe, 1952. 575 p.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. Г. АФАНАСЬЕВ

Существует бесчисленное множество разнообразных целостных систем. Однако нередко даже системы, резко отличающиеся друг от друга, могут быть в некоторых отношениях сходными, подобными. В одном случае это подобие предстает как однозначное соответствие структуры (взаимосвязи компонентов) одной системы структуре другой системы. Оно носит название изоморфизма. В другом случае между системами имеется лишь частичное подобие — в отдельных компонентах или сторонах структуры. Такого рода подобие называется гомоморфизмом. Наличие изоморфизма, гомоморфизма и других разновидностей подобия различных целостных систем позволяет моделировать, т. е. воспроизводить ту или иную систему посредством другой, подобной ей в том или ином отношении.

В достаточно широком смысле понятие моделирования выражает собой некоторый всеобщий аспект познавательного процесса. «...Познать объект — значит смоделировать его» [23, с. 37]. Известно, однако, что познание вообще и познание социальных систем в особенности осуществляется, как правило, не просто ради познания, а ради потребностей практики, и прежде всего практики сознательного научного управления природными и общественными процессами. В контексте задач управления моделирование позволяет рассмотреть различные варианты решения и выбрать оптимальный. Поэтому анализ моделирования социальных систем (социального моделирования) как одного из наиболее мощных методологических средств социального познания и социального управления представляет собой важную задачу как в теоретическом, так и в практическом плане. Ее эффективное решение неотделимо от анализа более общей проблемы — системности научного познания. Круг соответствующих проблем, связанных как с системным характером научного познания в целом, так и с конкретной задачей моделирования социальных систем, и будет предметом нашего внимания в данной статье.

Онтология систем (их бытие, существование), гносеология систем (познание систем и системность знаиия о них) и управление системами (практика конструирования систем, практическое обеспечение их функционирования, совершенствования и развития), вместе взятые, составляют содержание *системного подхода* в самом широком смысле. Реальная система, ее познание, отражение в сознании человека, а затем, на основе полученного, в частности путем моделирования, системного знания практическое воздействие на систему, сознательное управление ее функционированием и развитием — такова диалектика объективного и субъективного, теории и практики в системном подходе.

Теория и методология системного подхода разработаны К. Марксом и Ф. Энгельсом, творчески развиты и обогащены В. И. Лениным [1]. Вместе с тем за время после Маркса и Ленина системный подход претерпел заметные изменения, обогатился новейшими достижениями науки и практики. Разработана и усовершенствована технология применения системного подхода в исследовании различных областей действительности, в управлении разнообразными социальными объектами. Получил большое развитие логико-математический аппарат системных исследований и системного управления. Расширился диапазон применения системного подхода в познании и управлении [2].

Системный подход в его современном виде как никакой другой позволяет органически соединить анализ и синтез, качественные и количественные методы исследования, что открывает широкую дорогу для применения эвристических и логико-математических методов, а также современных электронно-вычислительных средств. Являясь качественно более высоким, нежели просто предметный способ исследования, системный подход представляет собой переход от познания отдельного к

---

[1] Роль диалектико-материалистической философии в развитии системного подхода подробно раскрыта в [9].

[2] Современный взгляд на системную проблематику проанализирован в [28]. См. также удачное использование системной методологии при анализе принципа деятельности [35] и междисциплинарного характера науки [19]. Основные результаты разработки общей теории систем содержатся в [39, 42, 43].

общему, от однозначного к многозначному, от абстрактного к конкретному, от одномерного к полимерному, от линейного к нелинейному и т. д.

Фундаментальное значение в системном подходе имеет разработка *проблемы целостности*. Хорошо известно, что отдельные представители «философии целостности» пытаются растворить гносеологию в проблеме целостности, свести теорию познания к проблеме целого и его частей. Теоретико-познавательная проблема, пишет, например, О. Шпанн, есть просто «проблема частей и целого» [46, с. 139] (см. также [40, 45]). Конечно, между гносеологией и проблемой целостности, несомненно, имеет место самая тесная связь. Однако эта связь не может служить основанием для их отождествления. И это прежде всего потому, что проблема целостности является не только и не столько гносеологической, сколько онтологической проблемой, и в этом смысле она выходит за рамки гносеологии. В то же время гносеология не есть лишь теория познания целого и его частей. Она содержит множество вопросов, касающихся познания не только целостных, но и любых других материальных образований. Ее специфическим предметом является не только диалектика целого и части, но и вопрос об источниках познания, о закономерностях и формах отражения материального мира. Поэтому об отождествлении теории познания и проблемы целостности не может быть и речи. Речь должна идти лишь о гносеологическом аспекте проблемы целостности, который, на наш взгляд, заключает в себе, во-первых, вопросы системности в познании целостных систем, во-вторых,— вопросы целостности самих форм познания (восприятия, понятия и др.) и, в-третьих, вопросы о средствах и путях познания целого.

В противоположность идеализму диалектический материализм рассматривает процесс познания целого как процесс отражения объективно существующих целостных образований, систем в сознании человека. Тот или иной предмет целостен (речь идет об объективно существующем целом) не в силу устремлений познающего субъекта, а сам по себе, независимо от его воли и сознания. Целостность не создается человеком в процессе познания, а лишь воспроизводится в форме чувственных образов, логических категорий. Соответственно этому идеальное, мыслительное целое существует не само по себе, а является отражением объективно существующего целого.

Объективно существующие целостные системы отражаются в сознании не абсолютно, а приблизительно, относительно верно. Эта относительность вытекает прежде всего из того, что всякое знание о целостной системе исторически обусловлено, выражает состояние науки о данном целом на исторически определенном этапе. Историческая ограниченность понятия целого проявляется поразному. В одном случае в идеальном, логическом целом отсутствует отражение тех или иных компонентов, сторон, черт, присущих объективному целому, но еще неизвестных человеку. В другом — целому в понятии приписываются компоненты, структура или свойства, не присущие ему в действительности. В третьем — то или иное целое рассматривается механистически, как сумма свойств образующих его частей и т. д. Однако по мере развития познания знание о целостной системе все более точно, адекватно отражает объективно существующее целостное образование.

Познание сложного целого — процесс исключительно длительный и трудный. Он представляет собой по своей сущности процесс движения от относительной истины, отражающей отдельные стороны, части целого или их отдельные взаимодействия, к абсолютной истине, отражающей целое во всей его сложности, глубине и многообразии. Эту особенность познания целого, как и познания вообще, удачно выразил И. Дицген, который писал: «Мы можем лишь относительно (релятивно) познавать природу и части ее; ибо всякая часть, хотя она является лишь относительной частью природы, имеет все же природу абсолютного, природу природного целого самого по себе..., не исчерпываемого познанием...» (цит. по [2, с. 137]).

Познать *целое, целостную систему* — это значит отразить в сознании человека, в определенных понятиях, категориях, теориях его внутреннюю природу, его характерные черты, стороны, особенности. Познать целое — значит раскрыть:

— *сущность*, качественную специфику, присущие ему системные, интегративные качества [3];

— *состав*, количественную и качественную характеристики его частей, компонентов, их координацию и субординацию (выделив главную часть), их разнокачествен-

[3] Содержательный анализ связи между системностью и целостностью см. в [6]. Укажем в этой связи также на работы зарубежных специалистов по общей теории систем [38, 42, 44].

ность и противоречивость, являющиеся важным источником движения, развития целого;

— *структуру*, т. е. внутреннюю организацию, взаимосвязь компонентов, установив при этом, почему эти компоненты сочетаются, взаимодействуют именно так, а не иначе, почему, взаимодействуя, они образуют именно данное, а не другое целое;

— *функции*, т. е. его активность, жизнедеятельность, равно как и функции частей, установив при этом, как эти последние «работают» на общие функции;

— *интегративные, системные факторы*, механизмы, обеспечивающие целостность системы, ее совершенствование и развитие, взаимодействие, коммуникацию с внешней средой, в том числе связь с более общим целым, частью которого оно само является;

— *историю данного целого*, начало и источник возникновения, становления, тенденции и перспективы развития, превращение его в новую целостную систему.

Особо важное значение эти аспекты системного подхода приобретают в познании (моделировании) социальных систем. Марксистский диалектико-материалистический взгляд на общество, марксистская социология с необходимостью выражают системный подход к его изучению. Общество, системы социального порядка — не механический конгломерат, не произвольно созданное образование, а объективно существующая совокупность органично взаимосвязанных социальных феноменов. К. Маркс и Ф. Энгельс неоднократно подчеркивали необходимость исследовать связи, взаимодействия общественных явлений в том виде, как они существуют в самой действительности. Задача исследователя состоит не в том, чтобы произвольно конструировать то или иное системное единство из элементов мысли и навязывать его обществу, а в том, чтобы отыскать системность в самом обществе и правильно отразить ее в мышлении (см. [4]).

Следует особо подчеркнуть, что для познания явлений и процессов общественной жизни системный подход должен применяться в единстве, взаимодействии всех его выше охарактеризованных аспектов. При этом необходимо использовать весь богатейший арсенал средств и форм научного познания — наблюдение и эксперимент, описание и теоретическое объяснение, сравнение и аналогию, обобщение и абстрагирование, индукцию и дедукцию, анализ и синтез, гипотезу и научную теорию.

## СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Понятие «моделирование» используется как в широком, общепознавательном смысле, так и в узком — как специфический способ познания, при котором одна система (объект исследования) воспроизводится в другой (модели).

Разрабатывающий модель исследователь всегда имеет перед собой две целостные системы: во-первых, объективно существующее или предполагаемое целое и, во-вторых, целое, искусственно создаваемое исследователем, которое призвано экспонировать первое. Задача создателя модели состоит в том, чтобы, отыскав черты сходства между этими системами, воспроизвести те или иные параметры, стороны одной из них,— как правило, более сложной и высокоорганизованной, в другой, менее сложной.

Моделирование предполагает наличие четких методологических и теоретических предпосылок. Исходной основой моделирования является материальное единство мира, закономерностей его развития, согласно которым качественно различным системам присущи аналогичные, особенно структурные и функциональные закономерности, законы организации. Модель социальной системы немыслима без соблюдения принципа единства общества и природы (ведь человек, как отмечал К. Маркс, «есть человеческая природа» [1, с. 630]), принципа практики как критерия истинности теории вообще и моделей в частности. Иными словами, методологической основой моделирования является материалистическая диалектика, и прежде всего диалектико-материалистическое учение о единстве и взаимосвязи предметов и явлений действительности.

Главным признаком модели является ее *соответствие, подобие* системе-оригиналу. Между оригиналом, объектом моделирования и моделью, как правило, нет тесных, органических связей, причинной или генетической зависимости, однако подобие, аналогия между ними обязательны.

Диапазон сходства, подобия модели и ее объекта весьма велик — от абсолютного до нулевого. Естественно, что при абсолютном подобии о моделировании и речи быть не может, поскольку здесь налицо две абсолютно идентичные системы. Абсолютное уподобление одной системы другой есть тиражирование системы-оригинала, которое

находит широкое распространение в технике и технологии. При нулевом подобии (отсутствие подобия) модели опять-таки нет, поскольку здесь налицо две абсолютно различные системы, которые ни в чем не повторяют друг друга. Поэтому моделирование может базироваться на подобии от почти абсолютного до почти нулевого [4].

При выборе степени соответствия модели оригиналу следует учитывать, что *модель создается не ради модели, а ради познавательных или практических целей.* Этим целям модель служит потому, что она предоставляет бо́льшие, нежели оригинал, возможности для изучения и оперирования, измерения и преобразования.

Разрабатывая модель, исследователь отвлекается от некоторых характеристик изучаемой системы — то ли умышленно, по причине малой важности этих характеристик, или из-за желания исследователя изучить именно моделируемые характеристики, то ли неумышленно, по причине незнания этих характеристик. В результате создается некая идеальная, доступная изучению конструкция системы. Исследование этой конструкции позволяет пролить новый свет на систему-оригинал.

Модель приходит на помощь исследователю тогда, когда реальная система, которая подлежит исследованию, по тем или иным причинам не может быть изучена непосредственно. В одном случае система может быть недоступна для непосредственного исследования по причине ее громоздкости, массивности, отдаленности, в силу присущих ей чрезмерно высоких или низких температур, давлений или других опасных для здоровья и жизни человека факторов. В другом случае непосредственное изучение системы невозможно в силу того, что такое изучение может привести к нарушению функций системы или даже к ее разрушению. В третьем случае систему нельзя непосредственно изучить по той причине, что вызывающие особый интерес исследователя компоненты системы или их отношения выделить очень трудно, а то и вовсе невозможно. Во всех этих случаях изучение целостной системы осуществляется посредством моделирования.

Достоинство моделирования состоит также в том, что оно позволяет изучать системы, еще не существующие в действительности, системы, которые только еще должны

[4] О характере и степени подобия см. в [22].

быть созданы. Таким образом, на основе идеальной или материальной модели, после того как она пройдет соответствующую теоретическую и экспериментальную проверку, возможно не только изучение существующих систем, но и изучение, а затем создание новых систем.

С гносеологической точки зрения моделирование представляет собой решение *триединой* задачи. Сначала те или иные характеристики системы — объекта — воспроизводятся на модели. Затем модель как совокупность отраженных или воспроизведенных характеристик системы-оригинала всесторонне исследуется, результатом чего является получение новых знаний об этих характеристиках, а нередко и о системе в целом. И, наконец, знание, полученное на модели, переносится на оригинал: происходит, если можно так выразиться, «отражение отраженного», в результате чего знание о системе-оригинале обогащается, углубляется и расширяется. Это новое, обогащенное посредством модели знание может быть использовано на практике. Процесс моделирования выступает, таким образом, как единство трех стадий: изучение параметров реальной системы и построение на этой основе ее модели (первая); исследование модели (вторая); экстраполяция изученных свойств модели на ее оригинал (третья).

Эти стадии едины, взаимосвязаны. Так, изучение черт реальной системы заведомо предполагает выделение тех из них, которые должны и могут быть смоделированы (первая стадия предполагает вторую). Моделируются те свойства, которые могут быть исследованы эффективнее, нежели на оригинале (второй этап предполагает первый). На модели исследуются те свойства, которые могут быть затем экстраполированы на оригинал. Свойства системы-оригинала выделяются с тем расчетом, чтобы, будучи отраженными в модели и будучи изученными на ней, могли бы быть «возвращены» системе-оригиналу в обогащенном виде, дополненными и углубленными в процессе моделирования и изучения модели (третья стадия предполагает первую и вторую). Таким образом, каждая стадия моделирования предполагает каждую другую, каждая связана с каждой другой.

При построении модели и в особенности при ее исследовании и экстраполяции на систему-оригинал необходимо учитывать два основных режима функционирования модели — имитационный и нормативный.

Сначала модель рассматривается в ее *имитационном режиме*. Иначе говоря, в модели воспроизводятся, имитируются состояния и динамика системы-объекта, ее состав, структура, функции, движение, устремленность в будущее, связь со средой. Здесь используются ранее выработанные альтернативы, сценарии движения системы, исследуются эти альтернативы, в них вводятся новые характеристики, с тем чтобы имитировать систему-объект с наибольшей точностью. Результаты преобразования модели, анализа новых альтернатив и сценариев вводятся в ЭВМ, с тем чтобы точнее оценить целесообразность и полезность этих преобразований, выделить наиболее интересные сценарии и перспективные альтернативы.

Затем модель используется в *нормативном режиме*. Цель этой операции — сопоставить возможные решения с конкретными возможностями, условиями, в которых принимается решение, с имеющимися резервами и установленными ограничениями-нормативами. Сопоставляя возможные решения и альтернативы с реальными возможностями и заданными нормативами, исследователь-практик находит оптимальное решение, принимает его и тем самым управляет движением реальной системы.

Для познания социальных, в особенности экономических, систем и для управления ими важно установить оптимальное сочетание указанных режимов моделирования. При познании таких объектов следует учитывать также все сложности и особенности моделирования социальных систем.

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Моделирование социальных систем в корне отлично от моделирования систем физических, химических и т. д. Изучив опытным путем свойства элементов физической системы, исследователь получает модель ее поведения. С помощью статистических методов можно чисто математическим путем вывести характеристики системы в целом, не прибегая к дополнительным экспериментам. Описание поведения элемента системы является важнейшим звеном построения модели системы в целом.

Иное дело социальная система — трудовой коллектив, общество. Здесь компоненты системы *не идентичны*, их поведение *не детерминировано так жестко*, как в системе физической. В социальной системе каждый «компонент»

человек — не тождествен каждому другому. Его поведение определяется не только поведением системы, внешними воздействиями, но и *внутренним состоянием.* Он способен принимать собственное решение. Это решение может соответствовать требованиям системы, а может и не соответствовать, причем степень несоответствия может быть различной — от почти полного принятия требований, целей, поведения системы до их полного неприятия. А это значит, что *из поведения человека нельзя вывести поведение системы*, какие бы формально-логические и математические ухищрения мы ни применяли. «Невозможность дать достаточно полное описание поведения коллектива только на основе свойств индивидов, его составляющих, невозможность построить макроописание, опираясь только на информацию о микроуровне, и является, вероятно, главной особенностью социальных систем с точки зрения моделирования. Она делает недостаточной ту логическую схему, которую выработала физика, и ставит перед исследователями много новых и трудных вопросов» [21, с. 30—31].

Модель социальной системы призвана интегрировать объективные закономерности системы с *целями,* которые ставят перед собой *система в целом* и *ее компоненты.* На практике достижение такой интеграции составляет одну из главных целей управления. А это значит, что модель социальной системы должна отразить (имитировать) и присущие ей объективные закономерности, и способы совмещения требований, сформулированных исходя из данных закономерностей, с целями и задачами и системы в целом, и ее «компонентов» (людей). Иначе говоря, модель социальной системы призвана служить и средством отражения, и средством управления, воздействия на социальную систему. Такая модель нужна и для познания системы и для ее преобразования в интересах человека.

Следует подчеркнуть то, что марксова модель расширенного капиталистического воспроизводства удовлетворяет этим требованиям. Она построена на основе объективных закономерностей капиталистической системы. Она учитывает, что эти закономерности так или иначе связаны с людьми, влияют на людей, хотя при капитализме люди не в состоянии овладеть ими и поставить их себе на службу. Модель имитирует действительное состояние системы, имитирует приближенно, в общих чертах, фиксируя теоретическое представление о системе. В то же

время она показывает, как происходит процесс воспроизводства, как лучше было бы, если он происходил при активном участии людей, и что это «лучше» при капитализме невозможно, поскольку требования теории, отражающие объективные законы системы капиталистического производства, его тенденция, тяготение к производству социалистическому не отвечают интересам тех, кто владеет средствами производства, кто этим производством управляет. Отражая в самой общей форме действительное состояние системы капитализма, модель раскрывает тенденции ее движения к социалистическому производству. Этим самым она дает ориентир революционной практике.

Итак, моделированию социальных систем присущи серьезные трудности. Вместе с тем эти трудности принципиально преодолимы: все социальные процессы имеют наряду с качественными и количественные характеристики, что открывает перед математическим моделированием социальных систем весьма широкие перспективы.

Математическое моделирование в настоящее время применяется для решения главным образом *технических, технологических* и *экономических* задач. Однако уже разработаны и используются в практике управления некоторые типы *социально-математических моделей.* Таковы модели глобальных проблем, науки, культуры, городских систем, модели воспроизводства населения, миграции населения, формирования показателей благосостояния населения,процесса формирования профессиональных склонностей молодежи, оптимальные модели структуры профессионального обучения, расчета норм питания населения, мобильности трудовых ресурсов, бюджета свободного времени, подбора и расстановки кадров и др.[5]

Из совокупности математических моделей большое значение для практики управления имеют модели оптимальных процессов, которые с успехом используются в познании и управлении социальными процессами. Как правило, обычно используются при этом методы математической оптимизации в соответствующих задачах математического программирования и оптимального управления, модели межотраслевого баланса, корреляционный и и регрессионный анализ и т. д. Однако аналитический подход к математическому моделированию социальных и экономических процессов не всегда возможен в силу

[5] Подробно об этом см. в [7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 20, 29, 31, 36].

сложности этих процессов, отсутствия необходимых данных и математического аппарата, недостаточности представлений о внутреннем механизме функционирования систем и т. д. В этом случае на помощь приходит имитационное моделирование — имитационные игры, машинная имитация, имитация с помощью аналоговых вычислительных машин и т. д.

*Имитационная модель — не математическая модель в обычном ее понимании.* Она не является еще формальной конструкцией, которую можно проанализировать математическими средствами; она обязательно требует экспериментальной проверки. Это может быть численный эксперимент с использованием ЭВМ, эксперимент имитационно-игрового типа с участием экспертов, эксперимент смешанный, «человеко-машинный». В ходе и результатах эксперимента прообраз модели доводится и становится собственно моделью, на которой можно изучать систему-оригинал.

Важное достоинство имитационных моделей состоит в том, что язык таких модлей, по существу, совпадает с естественным языком, что открывает широкие возможности для включения человека в процесс моделирования. Вполне понятно, что большие и сверхбольшие системы практически невозможно имитировать во всем их многообразии. При разработке моделей больших систем используется метод агрегирования — укрупнения блоков системы, в частности компонентов, подсистем, поведение которых достаточно однообразно, или подсистем, играющих примерно одинаковую роль в системе. Это позволяет, хотя и в упрощенной форме, имитировать систему в целом.

Главная задача агрегированных моделей экономики (см., например, [21]) состоит в том, чтобы определить, как при наличии не единственного решения, удовлетворяющего всем имеющимся ограничениям (по ресурсам, в особенности), выбрать такое, которое дает оптимум целевой функции (к примеру, минимальное время, минимальные затраты).

Социальные системы — *системы управляемые, целенаправленные.* Они функционируют и развиваются во имя достижения определенных целей, причем цели могут быть достигнуты различными средствами и путями. Естественно, возникает вопрос: а какие из возможных путей, средств лучше? Ответить на этот вопрос в общей форме нельзя. Важно знать критерий, по которому про-

изводится выбор наилучшего оптимального варианта движения к цели. Критерий качества (целевая функция) как раз и позволяет оценивать варианты и выбирать из них оптимальный.

Модели, имитирующие систему с позиций критерия качества, целевой функции, а также с учетом ограничений, в которых осуществляется движение системы к цели, являются *оптимизационными моделями*. Добиться запрограммированной цели, конечных результатов в кратчайший срок с наименьшими затратами — таково в самой общей форме назначение этих моделей.

Зачастую решения относительно той или иной системы приходится принимать в условиях неопределенности, крайнего дефицита знаний о системе. Здесь на помощь приходят модели, воспроизводящие «*игровые ситуации*», «*конфликтные ситуации*» с использованием таких научных дисциплин, как исследование операций и теория математических игр.

Все названные типы моделей имитируют социальные системы на языке математики, который представляет собой формально-логический элемент модели, отражающий количественные параметры изучаемой системы. Однако любая, а тем более социальная, система наряду с количественными обладает и качественными характеристиками, которые невозможно (да и далеко не всегда необходимо) формализовать. Понятно поэтому, что модель наряду с формализованными должна содержать и неформализованные элементы. «Доля», если можно так выразиться, неформализованных элементов тем больше, чем больше «доля» параметров системы, не поддающихся формализации. Разумеется, по мере развития математики, кибернетики, других формально-логических средств эта доля сокращается, поскольку все новые и новые параметры системы-оригинала формализуются, пополняя тем самым набор формализованных элементов модели. Вместе с тем этот процесс бесконечен, а потому в каждой данной модели всегда сосуществуют формализованные и неформализованные элементы.

Так, социальные, в узком смысле слова, социально-психологические, собственно психологические процессы в подавляющем своем большинстве не формализуются, их язык — только естественный язык. Другие социальные процессы на начальном этапе моделирования неформализуемы. Затем отыскиваются средства формализации этих

процессов и из разряда неформализуемых они переходят в разряд формализуемых элементов системы. И, наконец, процесс формализации в моделировании обязательно завершается деформализацией: к примеру, деформализованные данные, получаемые на выходе из ЭВМ, всегда переводятся на естественный язык (см. [17]).

Создать модель социальной системы как единства формализованных и неформализованных элементов посредством одних лишь математических построений, какими бы хитроумными они ни были, или «сверхинтеллектуальных» электронных машин немыслимо — никакая машина не в состоянии заменить творческую мысль человека, его интуицию, опыт. Однако объединить их, интегрировать и использовать в познании общества и управлении им и возможно, и необходимо. В имитационных моделях как раз и достигается «это сочетание математического анализа с опытом и интуицией...» [21, с. 42]. Эта интеграция осуществляется в рамках системы «человек — ЭВМ», в которой решающая роль принадлежит человеку — творцу, мыслителю, практику.

Необходимо с особой силой еще раз подчеркнуть, что *формализация и математическое представление процессов, совершающихся в социальных системах, возможно только в том случае, когда познана, раскрыта качественная природа этих систем.* Социолог, философ призван задавать математикам задачи, формулировать проблемы. А дело математиков воплотить, разумеется, в случае, если у них есть для этого нужные средства, эти проблемы и пути их решения в форму символов, знаков и уравнений.

## МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Имитационное моделирование не является, вообще говоря, самоцелью при анализе функционирования социальных систем, хотя в ряде случаев оно и может носить чисто исследовательский характер. Мы уже говорили, что социальные системы являются целенаправленными, управляемыми системами. Поэтому для их изучения характерен, как правило, имитационный режим, направленный на построение не дескриптивных, а нормативных моделей, имеющих своей целью не только анализ функционирования, но и *управление социально-экономическими системами,* опирающееся, естественно, на этот анализ. Причем

сам процесс управления соответствующими системами должен пониматься при этом достаточно широко, т. е. не только как наилучшее обеспечение функционирования этих систем, но и как выбор эффективных методов их организации и проектирования их структуры.

В этом плане представляется интересным приложение идей и методов системного подхода к нормативному моделированию организаций с целью повышения их эффективности, вызвавшее к жизни *теорию конструирования и управления организацией.* Одним из основателей этой теории является американский профессор С. Янг [37][6]. Предложенная С. Янгом теория содержит некоторую общую логическую схему процесса решения проблем самыми различными организациями, будь то предприятие или университет, проектный институт или больница, которые суть целостные системы. В основе этой теории лежит целостная модель организации, которая содержит перечень всех осуществляемых ею функций и операций. Эта модель применяется и для описания, и для перестройки организации. В первом случае имеется в виду дескриптивное применение модели, когда речь идет о наблюдении и обосновании функционирования организации или о предсказании ее поведения в будущем. Во втором случае — о нормативном применении модели, не о том, что есть, а о том, что должно быть. Строго говоря, конструирование организаций сводится к разработке и реализации именно этой, нормативной, целостной модели. «Конструирование системы управления организацией как целого,— пишет в предисловии к книге С. Янга С. П. Никаноров,— вот задача, которую ставит перед собой С. Янг» [37, с. 8].

В построении дескриптивных *моделей организационных структур* определилось к настоящему времени несколько направлений. Одно из них состоит в построении дерева целей, задач, решаемых системой, и в сопоставлении, точнее, в приспособлении структуры системы управления к этим задачам. Поскольку перед большой системой всегда стоит несколько крупных, подчас противоречивых задач, то весьма трудно выделить глобальную цель. После выделения глобальной цели проводится декомпозиция глобальной целевой функции, которую принято считать заданной.

---

[6] См. также [3, 5, 12, 18, 24—27, 32, 33].

Другое направление базируется на построении функции, определяющей качества системы. Структура системы выбирается с тем, чтобы она имела оптимальные с точки зрения полученного решения параметры. Оптимизационная задача решается с учетом ограничений, в которых функционирует система.

Третье направление связано с выделением того аспекта функционирования системы управления, который в наибольшей степени определяет ее организационную структуру. Это прежде всего технология системы, являющаяся основным фактором, определяющим организацию системы.

И, наконец, еще одно направление, связанное с попытками строить организацию системы в соответствии с некоторыми общесистемными принципами (максимальная автономия подсистем, минимизация работы по координации систем и т. д.).

На практике при проектировании систем управления используется совокупность моделей, основанных на различных подходах, в частности исходящих из нормативного описания системы. В этом случае осуществляется декомпозиция системы управления, выделяются некоторые элементы управляемого процесса и сопоставляются соответствующие им элементы системы управления. Эти элементы рассматриваются как ячейки нижнего уровня, на базе которых возводится все «здание» системы, создается организация как целое.

*Нормативное моделирование организационных систем* постепенно входит в практику управления. Одной из таких моделей является программно-целевая модель форм социально-экономической организации коллектива московского станкостроительного завода «Красный пролетарий» [14]. В разработке этой модели использован метод эталона, причем это понятие используется для характеристики возможного будущего образцового, идеального состояния социально-экономической организации производственного предприятия. Исходным для разработки модели послужил социальный паспорт коллектива, содержащий подробную характеристику предприятия в самых различных аспектах его жизни. Поскольку «Красный пролетарий» — во многом типичное для Советской страны предприятие (оно, в частности, заключает в себе несколько производств — массовое, серийное, индивидуальное, вспомогательное), постольку разработанные там модель и

паспорт могут быть использованы и на других предприятиях. По рекомендации Московского горкома КПСС они были размножены и разосланы на другие столичные предприятия. Опытом «Красного пролетария» заинтересовались многие предприятия страны. Надо надеяться, что этот опыт получит широкое распространение.

Задача нормативного моделирования организационных систем является лишь одним из аспектов нормативного подхода к социально-экономическому моделированию. В более общем плане данный подход, выдвигающий на первый план задачу управления, вызван к жизни тем, что все усложняющееся хозяйство страны с массой взаимодействующих предприятий, различных отраслей промышленного и сельскохозяйственного производства, средств транспорта, связи и т. д. (тем более в условиях быстро возрастающих масштабов и темпов производства) требует постоянного совершенствования организации и управления народным хозяйством. В этих целях необходимо всесторонне исследовать реально существующие экономические системы, вскрыть их основные характеристики и закономерности функционирования. Моделирование помогает решению этой важной задачи.

Велика роль моделирования в осуществлении такой функции управления, как выработка и принятие решений, в особенности плановых решений. Известно, что ошибки в плане чреваты серьезными отрицательными последствиями. Чтобы избежать этих ошибок, решение и план должны базироваться на точных расчетах, которые при огромном количестве информации невозможно ныне произвести, не используя математические методы и современную вычислительную технику.

Математические методы позволяют наиболее рационально рассчитывать цены, нормативы, рентабельность, нормы эффективности и другие экономические показатели, играющие большую роль в управлении. Эта система показателей дает возможность объективно приводить к единому знаменателю (к влиянию на конечный результат) разнокачественные и разновременные затраты, что позволяет выработать решения, обеспечивающие эффективность функционирования народного хозяйства.

Применение математического моделирования позволяет проводить на электронных машинах различного рода эксперименты по исследованию социальных систем, определять условия, при которых эти системы обнаружива-

ют наибольшую устойчивость, устанавливать оптимальные режимы и критические значения параметров данных систем и т. д. С помощью моделирования удается также прогнозировать те или иные социальные процессы, решать задачи создания идеально функционирующих систем, призванных наилучшим образом осуществлять процессы управления. Модель в этом случае играет роль хотя и вспомогательной, но очень важной гипотезы, позволяет предвидеть тенденции, присущие системе, проверить, насколько достоверны наши знания о ней, насколько эффективно она управляется.

Важным принципом теории систем является утверждение о том, что только при оптимальных размерах система становится эффективно управляемой. Моделирование как раз и позволяет определить оптимальные размеры системы, установить, как она будет управляться при изменении числа ее компонентов, ее структуры, выиграет или проиграет процесс управления при уменьшении или увеличении ее компонентов, реорганизации ее структуры, как поведет себя система, если ослабить централизованное воздействие на нее или, наоборот, централизовать это воздействие.

В процессе управления всегда возникает масса проблем, и те проблемы, которые можно формализовать — выразить в определенных числовых показателях,— могут быть успешнее решены путем воспроизведения в моделях тех или иных процессов. Моделирование выступает, таким образом, как важное средство отработки систем управления.

Поскольку реальные общественные системы и присущие им процессы управления многофакторны, учесть влияние каждого из них, а тем более огромное количество их сочетаний на течение процессов обычными «человеческими» средствами практически невозможно. Причем чем выше система стоит на ступени общественной организации, чем больше факторов необходимо учесть и чем больше рассчитать вариантов, тем большее число счетных операций следует произвести.

Математические модели и современная вычислительная техника в огромной степени ускоряют проведение счетных операций. И все-таки ускорение счета — не главное в применении математических моделей. Главное состоит в том, что математическое моделирование, не требуя больших средств и времени, позволяет провести

социальный эксперимент — сначала «на бумаге» или в машине, а затем, в случае удачи, воспроизвести модель в реальной действительности с достаточным основанием на успех.

Широкое использование математических методов в экономике дает могучий толчок развитию экономической науки, поскольку, с одной стороны, превращает ее из науки по преимуществу описательной в науку экспериментальную, и, с другой стороны, открывает простор для широких теоретических обобщений, для решения важных теоретических вопросов. Однако методы математического моделирования приведут к успеху только при условии строгого учета закономерностей, тенденций функционирования и развития социальных систем. Они должны применяться в органическом единстве, на основе использования социологических методов и опираясь на общественную практику. Только в этом случае математические модели помогут глубже раскрыть механизм действия социальных законов и эффективнее использовать их в управлении общественными системами.

Из всего сказанного следует, что модель является важным средством познания целостных систем. Однако значение моделирования нельзя переоценивать, а тем более абсолютизировать. Не нужно забывать, что модель воспроизводит прежде всего отдельные компоненты целого, определенные его функции, нередко вне связи с другими компонентами и функциями целого. В действительности же имитируемое моделью конкретное целостное образование представляет собой неразрывную связь и взаимодействие всех его компонентов, единство всех его особенностей и функций. В результате этого взаимодействия компоненты целого, его свойства модифицируются. Модель же далеко не всегда учитывает эту модификацию, как не учитывает она и всего многообразия характеристик целого. Модель, кроме того, как правило, имитирует уже имеющееся, ставшее целое. Однако всякое ставшее целое имеет свою историю, которую модель способна раскрыть далеко не всегда. И, наконец, модель есть известное отвлечение не только от истории системы, но и от ее материального субстрата, материальной сущности. И в этом проявляется ограниченность модели. Более или менее точное знание о системе модель может дать только в совокупности со всеми другими средствами и формами научного познания.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Из ранних произведений. М.: Госполитиздат, 1956.
2. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч., т. 18.
3. *Антонюк Г. А.* Социальное проектирование. Минск: Наука и техника, 1978. 127 с.
4. *Афанасьев В. Г.* Системность и общество. М.: Политиздат, 1980. 368 с.

   *Бир Ст.* Кибернетика и управление производством. М.: Наука, 1965. 391 с.
6. *Блауберг И. В.* Целостность и системность.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1977. М.: Наука, 1977, с. 5—28.
7. *Ворошук А. Н., Пегов С. А., Перфильев К. Г., Соколов А. В.* Вопросы системной экологии: Препринт ВНИИСИ. М., 1979.
8. *Гвишиани Д. М.* Методологические проблемы моделирования глобального развития: Препринт ВНИИСИ. М., 1977. 28 с.
9. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
10. *Геловани В. А.* Система моделирования процессов глобального развития.— В кн.: Методология системного анализа. М.: ВНИИСИ, 1978, вып. 6, ч. 1, с. 73—82.
11. *Гребенников В. Г., Зотов В. В., Николаев Л. К.* Проблемы моделирования взаимодействия социальных и экономических факторов развития народного хозяйства: Препринт ВНИИСИ. М., 1978. 70 с.
12. *Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д.* Системы и руководство: теория систем и руководство системами. М.: Сов. радио, 1970. 647 с.
13. *Дубовский С. В.* Система моделей глобального развития.— В кн.: Методология системного анализа. М.: ВНИИСИ, 1978, вып. 6, ч. 1, с. 82—94.
14. *Иванов В. Н., Тихонов Н. М.* Социальное управление в производственном коллективе.— В кн.: Будущее науки, М.: Знание, 1979, вып. 12, с. 246—258.
15. Количественные методы в социологии. М.: Наука, 1966. 356 с.
16. *Коржева Э. М.* Методологические аспекты моделирования культуры.— В кн.: Методология системного анализа. М.: ВНИИСИ, 1978, вып. 6, ч. 1, с. 63—72.
17. *Лапин Н. И.* Неформализованные элементы системы моделирования.— В кн.: Системные исследования. Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 163—179.
18. *Лейбкинд А. Р., Рудник Б. Л., Чухнов А. И.* Математические методы синтеза организационных структур управления: Препринт ВНИИСИ. М., 1978.
19. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 304 с.
20. Моделирование городских систем: Труды 1-й школы-семинара. М., 1979. 215 с.
21. *Моисеев Н. Н.* Математик задает вопросы. М.: Знание, 1974. 192 с.
22. *Николов И.* Кибернетика и экономика. М.: Экономика, 1974. 184 с.

23. *Новик И. Б.* Вопросы стиля мышления в естествознании. М.: Политиздат, 1975. 144 с.
24. Общеотраслевые научно-методические рекомендации по формированию организационных структур управления объединениями и предприятиями. М., 1978. 232 с.
25. *Оптнер С. Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М., Сов. радио, 1969. 216 с.
26. Организация структуры управления производством. М.: Прогресс, 1975.
27. Проектирование организационных структур управления производством. Киев: Наук. думка, 1979. 260 с.
28. *Садовский В. Н.* Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 29—54.
29. Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980. 384 с.
30. *Смолян Г. Л.* Человек и компьютер: социально-философские аспекты автоматизации управления и обработки информации. М.: Политиздат, 1981. 192 с.
31. Социологические аспекты глобального моделирования.— Тр. ВНИИСИ, 1979, вып. 6, 96 с.
32. США: организационные проблемы управления. М.: Мысль, 1976.
33. *Форрестер Дж.* Основы кибернетики предприятия. М.: Прогресс, 1971.
34. *Штофф В. А.* Моделирование и философия. М.; Л.: Наука, 1966.
35. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности. М.: Наука, 1978. 391 с.
36. *Яблонский А. И.* Методы и модели математического исследования науки: (Науч. аналит. обзор). М.: ИНИОН, 1978. 128 с.
37. *Янг С.* Системное управление организацией. М.: Сов. радио, 1972. 456 с.
38. *Ackoff R. L.* Science in the Systems Age.— Oper. Res., 1973, May-June.
39. *Bertalanffy L. von.* General Systems Theory: Foundations, Development, Applications. N. Y.: George, Braziller, 1968. XV, 289 p.
40. Ganzheit in Philosophie und Wissenschaft. Wien, 1950.
41. *Goddard D.* Philosophy and Structuralism.— Philos. Social Sci., 1971, vol. 5, N 5.
42. *Laszlo E.* Introduction to Systems Philosophy. Toward a New Paradigm of Contemporary Thought. N. Y.: Gordon and Breach, 1972, XXI, 328 p.
43. *Lilienfeld R.* The Rise of Systems Theory: An Ideological Analysis. N. Y., 1978.
44. *Miller Y. G.* The Nature of Living Systems.— Behav. Sci., 1971, N 4.
45. *Smuts J. S.* Die holistische Welt. B., 1938.
46. *Spann O.* Wirtschaft und Gesellschaft. Dresden, 1907.
47. *Tosi H.* Theories of Organization. Chicago, 1975.

# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

И. В. БЛАУБЕРГ, Э. М. МИРСКИЙ, В. Н. САДОВСКИЙ

Оценивая современное состояние системных исследований, их потенциальные возможности и перспективы дальнейшего развития, необходимо прежде всего обратить внимание на три обстоятельства, которые во многом определяют сегодняшнюю ситуацию в этой области. Это, *во-первых,* постоянно развивающаяся, во всяком случае в последние 10—15 лет, потребность в проведении системных исследований в самых различных областях науки, техники и практической деятельности. Каждый год значительно увеличивается число сторонников системных исследований: с помощью используемых в них методов люди самых различных специальностей — от ученых-теоретиков до лиц, принимающих социальные и политические решения,— надеются справиться со стоящими перед ними проблемами.

Эти надежды небеспочвенны, потому что системные исследования, и это *во-вторых*, к настоящему времени достаточно убедительно доказали свою практическую пользу. Исследование глобальных проблем современного мира, разработка долгосрочных программ решения энергетической, экологической, продовольственной и других аналогичных проблем, методологический инструментарий системного анализа и многочисленные системно-теоретические разработки в фундаментальных науках — все это свидетельствует о несомненной перспективности системных исследований.

Однако вместе с тем, и это *в-третьих*, несмотря на очевидные практические результаты, теоретическая обоснованность современных системных исследований остается весьма неудовлетворительной. Мы подчеркиваем особо, что речь идет *о теоретическом обосновании* именно *современных системных исследований*, поскольку в плане истории развития системных исследований и особенно относительно их общефилософских оснований имеется значительно большая ясность. Во всяком случае в среде марксистов общепризнано, что марксистско-ленинская диалектика является философским фундаментом системных методов исследования (см. [8, 13]), а их исторические корни уходят по крайней мере в античную филосо-

фию [19]. Что же касается построения единой системной концепции, способной синтезировать многочисленные и разнонаправленные системные разработки и теории, то здесь исследователи сталкиваются сегодня со значительными трудностями.

Выдвинутые в первые послевоенные годы две общесистемные программы — общая теория систем Л. фон Берталанфи [29] и кибернетика Н. Винера [7],— хотя и оказали важное стимулирующее влияние на развитие системных исследований, в настоящее время не могут — в силу присущих им многих ограниченностей и несовершенств — выступать в качестве теоретического основания современных системных исследований. Предложенные в последующее время различные варианты построения общей теории систем, авторы которых, как правило, стремились к тому, чтобы придать этой концепции строго научный, в идеальном случае — математический вид (работы М. Месаровича [15], Р. Акоффа [1], Р. Калмана [12], Дж. Клира [33], Н. П. Бусленко [6], Н. Н. Моисеева [17], А. И. Уемова [22] и многих других), уже в исходном пункте значительно сужали свою задачу исследованием систем определенных классов и типов и в большинстве случаев даже не стремились к разработке фундаментальных основ системных методов в целом. Аналогичная ситуация имела место и относительно послевинеровских вариантов построения кибернетики (работы У. Росс Эшби [25], Г. фон Фёрстера [23], Г. Паска [36], А. И. Берга [2], В. М. Глушкова [10] и других). Наконец, на роль теоретического фундамента современных системных исследований не может претендовать и системный анализ, хотя его собственные методы и концептуальные средства сегодня представляются разработанными весьма детально. Дело в том, что системный анализ имеет дело лишь с методами принятия решений проблем, возникающих в социотехнических системах [14], что отнюдь не покрывает всей сферы системных исследований.

Необходимость построения теоретических оснований системных исследований обусловлена еще и тем, что ныне под системными исследованиями понимается весьма обширный и крайне разнородный спектр научных и технических дисциплин, исследовательских и конструкторских разработок и т. п. (от весьма общих дисциплин типа общей теории систем, теоретической кибернетики, математической теории систем и т. п. до совершенно конкретных

моделей функционирования специальных биологических, психологических, социальных и т. п. системных объектов). Чрезвычайно трудно установить некоторые общие критерии, на основе которых формируется это целое,— во всяком случае сделать это будет возможно только в результате решения кардинальных вопросов о специфических теоретических и методологических особенностях системных методов исследования.

Описанная ситуация, сложившаяся в ходе развития современных системных исследований, способствовала появлению в последние годы весьма многочисленных *критиков системных методов исследования* (И. Хуз [32], И. Дрор [31], Д. Майоне [37], Л. Линн [35], Д. Берлинский [28] и другие). Необходимость дать ответ на эту критику и главное — создать условия для дальнейшего прогресса системных исследований — все это настоятельно требует решения большого комплекса проблем теоретического и методологического обоснования системных исследований. Некоторые из этих проблем мы и рассмотрим в настоящей статье.

## КРИТИКА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ЕЕ УРОКИ

В упомянутых критических работах, направленных против системных исследований, *объектом критики выступает главным образом системный анализ* в качестве методологии изучения и решения сложных экономических, социально-технических и экологических проблем, встающих перед современной практикой. При этом критика направляется не только и не столько на отдельные неудачи в применении системно-аналитических методов и процедур; вопрос, как правило, ставится шире — сомнению подвергается адекватность системного анализа в целом тем задачам, ради решения которых он создавался и разрабатывался и в связи с которыми он демонстрировал свою эффективность вот уже в течение ряда лет.

Системный анализ в этих критических работах трактуется нередко весьма широко — практически как синоним системных методов исследования в целом. Показательной в этом отношении является книга Д. Берлинского под названием «О системном анализе» [28], в которой значительное место уделено критике общесистемных концепций Л. фон Берталанфи, Э. Ласло, М. Месаровича и других, реальная связь которых с системным анализом носит опосредованный характер. В других критических

работах, например, у И. Хуз [32] и Д. Майоне [36], системный анализ понимается в собственном, специфическом значении этого термина.

Следует сразу же пояснить один весьма существенный момент. В данной статье мы ни в коем случае не будем заниматься защитой системного анализа от каких-либо его внешних критиков и противников, хотя такого рода критика тоже, разумеется, имеет место. На наш взгляд, не эта сторона проходящей в настоящее время полемики является определяющей, а тем более интересной с конструктивной точки зрения для работающих в системных исследованиях специалистов. Особой необходимости защищать системный анализ нет и потому, что, по крайней мере в настоящий момент, ни один из его внешних противников не в состоянии предложить какой-либо конкурирующей методологической программы или даже связно изложить принципы, с опорой на которые подобную программу можно было бы разработать в отдаленной перспективе.

Преобладающими в критическом хоре являются голоса иного тембра. Неудовлетворенность уровнем теоретической разработки и эффективности практических приложений системного анализа высказывается прежде всего и главным образом специалистами, профессионально занятыми разработкой той или иной сферы системной проблематики. Иными словами, речь идет о критике явно выраженного *рефлексивного плана*, о попытках обобщения и критического осмысления накопленного опыта системных исследований как необходимом условии его совершенствования. Об этом свидетельствует и ряд упомянутых уже публикаций последних лет (обращаем особое внимание на сборник статей [37]), и дискуссии на целом ряде симпозиумов и конференций. Характерным в этом отношении был проведенный в 1980 г. Международным институтом прикладного системного анализа (Лаксенбург, Австрия) семинар с весьма симптоматичной темой обсуждения «Переосмысление процесса системного анализа». К участию в семинаре наряду с сотрудниками Международного института прикладного системного анализа были приглашены и достаточно известные специалисты из ряда стран, занимающиеся исследованием системной тематики, практическими приложениями системного анализа и педагогической деятельностью по подготовке системных аналитиков. Важной в интересующем нас плане чертой семинара

было стремление участников профессионально определить сложившуюся в системном анализе ситуацию, найти некоторое общее теоретико-методологическое основание, на базе которого можно было бы заниматься осмыслением и переосмыслением проблем системного анализа.

На наш взгляд, таким основанием для разработки проблем системного анализа может служить *системный подход как его теоретическая и методологическая рефлексия.* В дальнейшем, говоря о структуре системных исследований в целом, мы более подробно коснемся и функций системного подхода. Здесь же для избежания терминологической путаницы и прояснения собственной позиции хотелось бы обратить внимание лишь на следующее обстоятельство. Обращение к системному подходу представляется уместным и перспективным, поскольку именно в его рамках накоплен определенный опыт методологического исследования применения системных идей в различных отраслях науки (биологии, психологии, экологии и т. п.), в то время как внутри системного анализа рефлексивная компонента пока развита весьма слабо.

Что касается общей ситуации, сложившейся в настоящее время в системном анализе, то ее, по-видимому, нет смысла драматизировать. В истории науки неоднократно фиксировалось, что новые и перспективные направления проходят три стадии в их оценке современниками:

1. Период *восторженного принятия новой концепции* и ее некритического распространения на самые различные проблемы с очевидным смешением надежд и реальных перспектив.

2. Период *разносной критики*, во многом несправедливой, во время которого критикуется главным образом несоответствие реальных результатов тем ожиданиям, которые тот или иной критик связывал с развитием нового направления.

3. Период *относительно плавного и спокойного развития*, когда происходит разработка теоретических основ нового направления и достигаются все более эффективные прикладные результаты.

По-видимому, системный анализ находится сейчас на второй стадии, и нет никаких оснований сомневаться в том, что в скором времени он вступит в третий период своего развития.

Характерно, что в потоке критических замечаний в адрес системного анализа преобладают упреки в его не-

достаточной эффективности при исследовании социальных, экономических, политических процессов и т. д. Такая неэффективность объясняется тем, что используемый в системном анализе аппарат (прежде всего, формальный) явно недостаточен для построения адекватных моделей сложных социально-экономических систем. Нельзя не признать справедливость такой критики, но в то же время следует отметить, что такого рода недостатки не специфичны для системного анализа как такового. Они воплощают особенность того общего процесса, который протекает сегодня во многих сферах науки и практики и связан, с одной стороны, с необходимостью получать более точную, подробную и объективную информацию о социальных, экономических, биологических, психологических и т. п. явлениях, а с другой,— с пока еще недостаточно удовлетворительной способностью современной прикладной математики обеспечить получение такой информации. Эти проблемы сейчас широко обсуждаются в литературе (отнюдь не только в литературе по системным исследованиям), и постепенно здесь намечается довольно обнадеживающее сближение позиций, до этого времени весьма расходившихся. Во многих случаях почвой подобного сближения выступают концептуальные представления именно системного подхода.

Что же касается непосредственно системного анализа (в первую очередь, прикладного), его статуса, возможностей, перспектив и ограничений, то здесь до сближения позиций дискутирующих сторон пока весьма далеко. Скорее наблюдается обратный процесс — дивергенция, переход от относительного единства ко все более явному расхождению мнений по узловым проблемам (не только между системниками и их внешними оппонентами, но и в среде самых активных участников системного движения). В этой связи представляется уместным сделать некоторые выводы из ведущейся в настоящее время критики системного анализа.

Весьма показательно, что в рассматриваемых критических работах основные направления критики сконцентрированы вокруг ряда проблем, действительно существенных для методологии системных исследований, причем все эти проблемы без единого исключения были известны работающим в системных исследованиях специалистам десять-пятнадцать лет тому назад (см. [4, 20, 22, 24, 27]). Это — проблема целостности, проблема проведения удов-

летворительных границ системы, проблема адекватной фиксации в системном описании связей системы со средой, проблема построения структурных представлений о среде и другие. Повторяем, эти проблемы были известны сравнительно давно, хотя по ряду причин, которых мы еще коснемся, они разрабатывались недостаточно интенсивно и результативно.

В то же время, если мы ограничимся тем, что сведем все нынешние трудности системного анализа к уже известным нам теоретико-методологическим проблемам, нам будет весьма затруднительно не только определить перспективы дальнейшего развития системных исследований, но даже ответить на значительно более простой вопрос: чем же объяснить те успехи и эффективность, которые системные исследования и, в частности, системный анализ обнаружили в целом ряде научных областей и практике управления в течение последних лет? А ведь именно эти успехи привели к такому широкому распространению системной методологии. Подобный вопрос не встает перед внешним критиком системного анализа, но ответ на него является одной из кардинальных предпосылок *переосмысления* системного анализа, а тем самым и поиска путей его совершенствования.

Таким образом, проведенная характеристика общей ситуации, сложившейся в настоящее время в системном анализе, показывает, что ее осмысление и переосмысление требуют, во-первых, выявления отношений между различными формами и видами системных исследований, во-вторых, рассмотрения наряду с собственно методологической проблематикой определенных организационных аспектов формирования и развития деятельности системных аналитиков, и в-третьих, определенных экскурсов в историю системных исследований. Естественно, мы не сможем затронуть в данной статье все эти проблемы, и поэтому сосредоточим наше внимание на наиболее «горячих» точках современных системных исследований.

## СТРУКТУРА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРОБЛЕМА ЦЕЛОСТНОСТИ

Для решения сформулированных нами задач необходимо провести различение основных типов системных исследований по уровню их общности, по их задачам и функциям в научной и практической деятельности. Удовлетворительное проведение такой типологизации важно,

на наш взгляд, прежде всего потому, что она дает основание ставить вопрос о *взаимодействии внутри системных исследований* различных форм знания, научной деятельности, технического искусства и т. п. и, что не менее существенно, о взаимодействии специалистов с различной профессиональной ориентацией. Ранее в ряде работ (см., например, [5, 21]) мы предложили с этой целью проводить различения философского принципа системности, системного подхода и системного анализа. Кратко охарактеризуем эти направления современных системных исследований.

Под *принципом системности* понимается принцип, согласно которому «явление объективной действительности, рассмотренное с позиций закономерностей системного целого и взаимодействия составляющих его частей, образует особую гносеологическую призму, или особое «измерение» реальности» [13, с. 10]. В такой интерпретации принцип системности представляет собой философский принцип, и в его содержание входят философские представления о целостности объектов мира, о соотношении целого и его частей, о взаимодействии системы со средой как об одном из условий существования системы, об общих закономерностях функционирования и развития систем, о структурированности каждого системного объекта и т. п. Очевидно, что корни философского принципа системности уходят в глубь истории философии (см. об этом подробнее в [19]). В методологическом плане опора на принцип системности обеспечивает исследователю определенную общую позицию, взгляд на сущность изучения сложных развивающихся объектов. Эта позиция оказывается связанной как с историко-философской ретроспективой, демонстрирующей формирование и использование ряда классических теоретико-познавательных представлений, так и с современными проблемами методологии науки. Однако для того, чтобы такая общая методологическая позиция могла быть последовательно проведена в конкретном научном исследовании, она должна быть существенно конкретизирована и развернута в более специальных методологических построениях. Разработка и развитие подобных построений для системных исследований является главной задачей *системного подхода.*

Системный подход представляет собой одну из форм методологического знания, непосредственно связанного с исследованием, проектированием и конструированием

объектов как систем. По своей природе он является междисциплинарным, общенаучным. К числу основных задач системного подхода относятся: 1) разработка концептуальных — содержательных и формальных — средств представления исследуемых объектов как систем; 2) построение обобщенных моделей систем и моделей разных классов и свойств систем, включая модели динамики систем, их целенаправленного поведения, их развития, иерархического строения, процессов управления в системах и т. п.; 3) исследование методологических оснований различных системных теорий. Все эти задачи, хотя они и несут на себе очевидную методологическую печать, типологически не выходят за рамки конкретно-научного знания, каким оно сформировалось в современной методологии науки. Для своего обоснования и развития системный подход нуждается в использовании философского знания, в частности принципа системности.

И, наконец, *системный анализ* — наиболее молодое и наиболее практически ориентированное направление системных исследований — представляет собой дальнейшее развитие исследования операций и в определенной степени системотехники, имевших шумный успех в 50-е и 60-е годы. Как и его предшественники, системный анализ — это прежде всего определенный тип научно-технической деятельности, необходимый для исследования и конструирования сложных и сверхсложных объектов. Теоретическая или практическая невозможность построения аналитических решений таких, например, проблем, как борьба с загрязнением окружающей среды, обеспечение населения мира достаточным количеством продовольствия, моделирование процессов глобального развития и т. п., приводит к тому, что эти проблемы рассматриваются как сложные системы, для анализа которых необходимо воспользоваться всем арсеналом существующих способов исследования, включая различного рода эвристические методы и приемы. В таком понимании системный анализ — это особый тип научно-технического искусства, приводящего в руках опытного мастера к значительным результатам и практически бесполезного при его чисто механическом, нетворческом применении (к сожалению, вторая ситуация сегодня встречается довольно часто).

С методологической точки зрения одной из главных причин высокой эффективности системного анализа в

период его возникновения и первоначального развития было осознанное использование *представлений о целостности* относительно изучаемых и конструируемых систем, проблем, ситуаций. Это был действительно принципиально новый подход, ибо если к этому времени целостный взгляд на процессы и явления стал достаточно широко признанным (хотя и не повсеместно) в рамках философско-методологического мышления, то для технического и прикладного мышления он оставался чем-то чужеродным и спекулятивным. А именно эта область — техника и прикладные исследования — основная сфера системного анализа.

Сознательно проводимый подход к исследуемому объекту как к определенной целостности сразу резко расширил горизонты прикладного знания и практических системных разработок, позволяя учитывать и прогнозировать такие взаимосвязи элементов системы, которые раньше вообще не принимались во внимание. Почему же со временем эффективность таких системных исследований снизилась, и многие системные аналитики стали возвращаться к более простым, в принципе аналитическим (а не целостно-синтетическим), узко формальным (а не содержательным) подходам? Как нам представляется, дело не только в том, что все более сложными становились объекты приложения системного анализа и разрабатываемые с его помощью проблемы, а прежде всего в том, что в проводимых исследованиях использовались представления о целостности, постепенно исчерпавшие свои эвристические возможности; использовались именно *представления,* не подвергавшиеся дальнейшему расчленению, а не *понятие* целостности в философско-теоретическом смысле этого термина.

Чтобы пояснить эту мысль, обратимся к недавно опубликованной книге Дж. ван Гига «Прикладная общая теория систем». Ее автор в разделе, посвященном основным принципам общей теории систем, приводит положения Гегеля о взаимоотношении целого и частей. Он, в частности, пишет: «... некоторые идеи, лежащие в основе общей теории систем, встречались в работах немецкого философа Гегеля (1770—1831); они сводятся к следующему:

1. Целое есть нечто большее, чем сумма частей.
2. Целое определяет природу частей.
3. Части не могут быть познаны при рассмотрении их вне целого.

4. Части находятся в постоянной взаимосвязи и взаимозависимости» [9, с. 80].

Такая интерпретация воззрений Гегеля на проблему целостности вызывает ряд сомнений. Начнем хотя бы с того, что авторство некоторых из этих положений не может быть непосредственно приписано Гегелю: скажем, тезис о несуммативности целого восходит еще к Платону и Аристотелю. Чрезвычайно существенно также то, что приведенные положения отнюдь не рассматривались как непререкаемые истины ни до Гегеля, ни значительно позже[1], и само это обстоятельство требует объяснения. Наконец, эти положения, вырванные из контекста как философской системы самого Гегеля, так и историко-философской (и историко-научной) традиции, утрачивают глубину концептуального содержания и приобретают оттенок тривиальности, что уже само по себе препятствует их плодотворному использованию в качестве методологических ориентиров познавательного процесса.

Следует подчеркнуть, что эффективное применение *понятия* целостности как определенного методологического средства в конкретном научном исследовании отнюдь не сводится к простой констатации целостного характера изучаемого объекта и вытекающих из этого факта очевидных следствий (очевидных, разумеется, для современного развитого методологического сознания). Использование понятия целостности, чтобы быть адекватным исследуемому явлению, процессу или проблеме, предполагает осознанное и квалифицированное применение ряда сложных исследовательских процедур — таких, например, как сочетание-единство аналитических и синтетических способов исследования, осознание необходимости и границ редукционистского подхода, выделение различных типов целостности, методологическое различение принципов аддитивности, супераддитивности и субаддитивности при

[1] В этой связи поучительно вспомнить возражение Ж. Ж. Руссо Л. М. Дешану, который, кстати, во французской историко-философской литературе XIX в. нередко трактовался как предшественник гегельянства именно в связи с его подходом к проблеме целого и части: «Мы судим посредством индукции до известных пределов, мы судим о целом по частям. Мне же кажется, что Вы, наоборот, из знания целого хотите вывести знание о частях. В этом я ничего не понимаю...» (цит. по [11, с. 13]). Рискнем высказать утверждение, что такого рода аргументация и в наши дни была бы сочувственно принята немалым числом специалистов, работающих в конкретных областях знания.

воспроизведении в знании целостных объектов и т. п. (см. [3]).

Анализ этих исследовательских процедур является специфической задачей системного подхода, поскольку системный подход прежде всего и призван эксплицировать такие процедуры в той конкретно-методологической форме, в которой они могут быть эффективно ассимилированы научным (в том числе и прикладным) знанием.

Поэтому, исходя из ранее сформулированной трактовки системного подхода как общенаучного методологического направления, через посредство которого осуществляется связь философского принципа системности и конкретно-научных системных исследований и разработок, можно утверждать, что одно из важных направлений в определении дальнейших перспектив системного анализа состоит в том, чтобы осознать необходимость и наметить линии его тесной взаимосвязи с системным подходом. Это даст возможность обогатить прикладной системный анализ современными философскими и методологическими идеями и позволит применять в системных исследованиях уже не интуитивные представления, а богатое по содержанию и расчлененное понятие целостности.

## ПРОБЛЕМА ВЗАИМОСВЯЗИ СИСТЕМЫ И СРЕДЫ

Наряду с необходимостью более глубокого осознания специфических особенностей проблемы целостности, для дальнейшего прогресса системного анализа не меньшее значение, на наш взгляд, имеет и методологически обоснованное решение проблемы *взаимоотношения системы и контекста* (*среды*), которой в литературе по системному анализу в последние годы уделяется все большее внимание (см. [8, 16, 37] и другие работы).

Независимо от той или иной принимаемой версии системного анализа, в его процессе *система всегда строится для решения совершенно определенной конкретной задачи*. Соответственно, основная работа по формированию процедуры анализа концентрируется либо вокруг формулирования целей системы, т. е. на этапе, предшествующем выделению системы, либо основная часть работы приходится на структуризацию проблем, определение способов функционирования системы и т. д., т. е. на этапы обработки системы, уже после того как она выделена. Само же выделение системы, проведение ее границ, отбор реле-

вантных фрагментов окружения и т. д. (независимо от процедурного оформления этого этапа в том или ином конкретном случае) проводятся при одном весьма существенном допущении. Считается, что построение системы и использование некоторых фрагментов окружения не вызовет в этом окружении каких-либо существенных организационных изменений. Более того, имплицитно предполагается, что создаваемая целеориентированная система существенно превосходит окружение по организованности, выступает своего рода *островом организованности* в относительно малоорганизованном окружении. Что же касается вопросов взаимодействия, то эти вопросы в системном анализе выступают исключительно как вопросы взаимодействия между элементами или подсистемами внутри системы. Иными словами, весь набор средств системного анализа объединяется для формирования и исследования одной системы. Это не случайность, а вполне оправданное стремление наиболее эффективно использовать эвристические возможности уже обсуждавшихся представлений о целостности системы и ее относительной независимости от среды (автономности).

Фундаментальный характер трудностей, связанных с указанным допущением, и слабость базирующихся на нем концепций обнаружились не сразу, а по мере того как благодаря распространению прикладного системного анализа окружение вновь создаваемых управленческих систем становится все более организованным (в том числе и системно организованным), и создание новых систем стало приводить, так сказать, к хаосу второго порядка. Сходная по своему методологическому содержанию ситуация возникает и тогда, когда вновь создаваемые управленческие и информационные системы большого масштаба вступают во взаимоотношения с рядом традиционно функционирующих объектов и систем. Примером может служить проект создания международной сети телекоммуникаций ЭВМ, в котором *нормальная эксплуатация* системы оказалась зависящей от ее совместимости с традиционными средствами коммуникации в юридическом, экономическом и других отношениях, с учетом того, что формы регулирования деятельности этих институтов существенно различаются во многих европейских странах. При этом новая система не проектируется как альтернатива старым формам коммуникации, а должна дополнять их в условиях частичного перекрытия функций.

Таким образом, в рассматриваемой ситуации мы имеем дело с изменением методологической значимости проблемы, которая сама по себе была в принципе известна, но актуальность ее кардинально изменилась по мере развития прикладного системного анализа. Попытки же обходить проблему контекста путем расширения поля релевантности приводят к неудачам (которые тут же фиксируются критиками системного анализа), так как создаваемые системы оказываются чересчур громоздкими и неоперативными, т. е. теряются именно те преимущества, которые призван обеспечить прикладной системный анализ. Между тем теоретическая разработка проблемы взаимоотношения системы и среды в рамках *системного подхода* велась в последние годы весьма вяло, в том числе и потому, что эта проблема считалась малосущественной для прикладных целей анализа.

Из сказанного вытекает вывод, что для адекватного решения проблемы взаимосвязи системы и среды, как и в случае с проблемой целостности, системный анализ нуждается в обогащении принципами и методами системного подхода. Иначе говоря, системный анализ, как определенная форма синтеза науки и искусства, для того чтобы быть успешным, т. е. удовлетворять заранее установленным критериям эффективности, должен, во-первых, опираться на определенный теоретический фундамент прежде всего системного подхода и, во-вторых, в процессе своего применения порождать образцы для последующего использования, а также определенные формы теоретического обобщения и накопления имеющегося опыта. В современной же практике принципы системного подхода используются в системном анализе весьма ограниченно. Чаще речь идет об использовании общих системных представлений применительно к определенным классам систем — социальным, экономическим, человеко-машинным и т. п., т. е. только применительно к основным объектам *приложений* системного анализа. Интенсивные поиски возможностей усилить *аппаратную сторону* этой деятельности привели в последнее время к формированию ряда новых направлений исследований — системной динамики, эвристического программирования, имитационного моделирования и т. д., которые, однако, развиваются как множество конкурирующих — явно или неявно — программ (см. [37]), у которых практически отсутствует единый теоретический фундамент.

В данной связи следует заметить, что в распространенной формуле системного анализа «научные методы+искусство» акценты далеко не всегда расставляются адекватно. Слов нет, любая практическая деятельность, предусматривающая решения в условиях неопределенности, включает в себя элементы интуитивного эвристического поведения (искусство) [2]. И в этом плане никакое радикальное совершенствование системного анализа ничего не изменит, да и не должно изменять. Однако совсем другое дело, если к сфере искусства относят большую часть концептуально-содержательного обоснования проблемы, ее социологические и психологические составляющие, а на долю научных методов оставляют только аппаратное обеспечение отдельных этапов анализа, связанных в рамках весьма бедной и не изменяющейся уже в течение 10—15-ти лет схемы (определение целей — построение набора альтернатив — формирование системы и т. д. с минимальными вариациями). В данном случае нерефлектированность предпосылок и трудности в интерпретации моделей являются прямо-таки закономерными следствиями и издержками «искусства». В настоящее время представляется очевидным, что усиление аппаратной базы системного анализа может привести к существенному повышению эффективности системно-аналитических разработок только в том случае, если одновременно будет достигнут значительный прогресс в развитии их теоретических оснований.

Здесь возникает немало содержательных трудностей, одна из которых касается вопроса о том, теорией каких объектов должен быть системный анализ. Учитывая отмеченную взаимосвязь элементов науки и искусства в системном анализе, представляется справедливым мнение о том, что «теория системного анализа, видимо, должна быть по преимуществу теоретическим описанием *деятельности* специалистов по системному анализу и в значительно меньшей степени, лишь косвенно — объектов данной деятельности» [26, с. 18].

* * *

В заключение выскажем еще одно замечание. Когда мы говорим о необходимости единого общего основания системного анализа или, что существенно шире, систем-

[2] В этом отношении творческая деятельность ученого-исследователя не составляет, разумеется, исключения, хотя ее никому не придет в голову называть искусством.

ных исследований, не следует забывать о том, что *общая теория* — лишь одна, хотя и наиболее эффективная форма, в которой может быть воплощено и зафиксировано подобное единое основание некоторой исследовательской области. Даже в развитых научных дисциплинах, располагающих огромными традициями, исследования далеко не всегда удается сгруппировать вокруг единого теоретического ядра. Возьмем, к примеру, физику элементарных частиц, химию полимеров, эволюционную экологию — во всех этих областях говорить о наличии единой общей теории как основы объединения исследований можно лишь метафорически. Ситуация, скорее, обратная: существование некоторой общей сферы деятельности дает исследователям уверенность в том, что такого рода общая теория может быть создана в будущем.

Что же касается настоящего, то механизмы организации знания, обеспечивающие предметное единство соответствующих дисциплин, расположены и функционируют в иной, нежели теоретическая, плоскости. Зона действия этих механизмов находится *не на переднем крае исследований*, а на некотором удалении от него, там, где идет работа по созданию справочников, учебных программ и пособий, хрестоматий, руководств и других так называемых вторичных научных источников [16]. Такая работа по формированию *единого корпуса знания*, разумеется, отличается по своему характеру от деятельности по созданию общей теории соответствующей области. Цельность подобного рода итоговых и справочных трудов достигается за счет конвенциональных уступок, разрывов в теоретических описаниях, одновременного изложения различных точек зрения и подходов и т. д. Нужно, однако, помнить и другое — если в традиционных научных дисциплинах указанные формы организации знаний часто рассматриваются как вспомогательные искусственные образования (наряду с ними присутствует и некоторый набор теорий разной степени общности), то в подавляющем большинстве прикладных областей именно они играют *главную объединяющую роль*.

Разработка справочников по системному анализу, все более интенсивные усилия по формированию учебных курсов и обсуждение их содержания — все это может рассматриваться как свидетельства того, что системный анализ достиг уровня, на котором требуются энергичные организационные действия подобного рода. Эта ситуация

достаточно очевидна и сама по себе развернутых комментариев не требует. Заслуживает внимания рефлексивная сторона отмеченной ситуации, на наш взгляд, специфичная именно для системных исследований. Дело в том, что одним из перспективных направлений методологического поиска в рамках системного подхода является изучение и сравнительный анализ форм представления и организации знания о системах разных типов. При этом наряду с абстрактными построениями и эпистемологическими разработками все большее распространение получают попытки обращения к эмпирическим формам организации знания, в том числе и формам, характерным для прикладных задач. С этой точки зрения системный анализ со свойственной ему междисциплинарностью, разнообразием задач и подходов к их решению является поистине благодарным полем для проверки и приложения абстрактных системных конструкций и моделей.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Акофф Р.* О природе систем.— Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1971, № 3, с. 68—75.
2. *Берг А. И. и др.* Кибернетика.— В кн.: Философская энциклопедия, т. 2. М.: Сов. энциклопедия, 1962, с. 495—506.
3. *Блауберг И. В., Юдин Б. Г.* Понятие целостности и его роль в научном познании. М.: Знание, 1972. 48 с.
4. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
5. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Б. Г.* Философский принцип системности и системный подход.— Вопр. филос., 1978, № 8, с. 39—52.
6. *Бусленко Н. П.* Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 399 с.
7. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
8. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
9. *Гиг Дж. ван.* Прикладная общая теория систем. Кн. 1. М.: Мир, 1981. 336 с.
10. *Глушков В. М.* Введение в кибернетику. Киев: изд-во АН УССР, 1964. 324 с.
11. *Дешан Л. М.* Истина, или достоверная система, т. 1. Баку: 1973, 532 с.
12. *Калман Р., Фалб П., Арбиб М.* Математическая теория систем. М.: Мир, 1971. 398 с.
13. *Кузьмин В. П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 1980. 312 с.
14. *Ларичев О. И.* Методологические проблемы практического при-

менения системного анализа.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980.
15. *Месарович М., Такахара Я.* Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 311 с.
16. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 278 с.
17. *Моисеев Н. Н.* Простейшие математические модели экономического прогнозирования. М.: Знание, 1975. 63 с.
18. *Наппельбаум Э. Л.* Системный анализ как программа научных исследований — структура и ключевые понятия.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 55—77.
19. *Огурцов А. П.* Этапы интерпретации системности научного знания (Античность и Новое время).— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1974. М.: Наука, 1974, с. 154—186.
20. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: Логико-методологический анализ. М.: Наука, 1974. 279 с.
21. *Садовский В. Н.* Принцип системности, системный подход и общая теория систем.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1978, с. 7—25.
22. *Уемов А. И.* Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.
23. *Ферстер Г. фон.* О самоорганизующихся системах и их окружении.— В кн.: Самоорганизующиеся системы. М.: Мир, 1964.
24. *Щедровицкий Г. П.* Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 193—227.
25. *Эшби У. Росс.* Введение в кибернетику. М.: Ин. лит., 1959.
26. *Юдин Б. Г.* Некоторые особенности развития системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 7—23.
27. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки. М.: Наука, 1978.
28. *Berlinski D.* On systems analysis: An essay concerning the limitations of some mathematical methods in the social political and biological sciences. Cambr. (Mass.): MIT Press, 1976. XI — 186 p.
29. *Bertalanffy L. von.* General system theory: Foundations, development, applications. L.: Allen Lane The Penguin Press, 1971. XXII — 311 p.
30. *Churchman C. W.* The systems approach. N.— Y.: Delta Book, 1969. XI — 243 p.
31. *Dror Y.* Ventures in policy sciences: concepts and applications. N. Y.: Elsevier, 1971. 321 p.
32. *Hoos I. R.* Systems analysis in public policy: a critique. Berkeley University, California Press, 1974. 259 p.
33. *Klir G. G.* An approach to general systems theory. N. Y.: Van Nostrand Reinhold Comp., 1969. XII — 323 p.
34. *Lilienfeld R.* The rise of systems theory: An ideological analysis. N. Y.: Wiley, 1978. 292 p.
35. *Lynn L. E.* The user's perspective.— In: Pitfalls of Analysis. Chichester, England: Wiley, 1980.
36. *Pask G.* An approach to cybernetics. L.: Hutchinson, 1961. 128 p.
37. Pitfalls of Analysis. Ed. by N. Majone and E. S. Quade. Chichester, England: Wiley, 1981.

# О МЕТОДАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Б. С. ФЛЕЙШМАН, П. М. БРУСИЛОВСКИЙ, Г. С. РОЗЕНБЕРГ

В настоящее время накоплен большой опыт математического моделирования сложных систем. Однако до сих пор нет единства взглядов о месте и роли тех или иных методов моделирования в экспериментальных и теоретических исследованиях таких систем. С нашей точки зрения, рассмотрение вопросов моделирования сложных систем требует прежде всего обсуждения некоторых понятий и принципов системологии.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМОЛОГИИ

Изучение процессов функционирования технических, биологических, экономических и социальных объектов обусловило возникновение понятия «сложная система», которое стало общенаучным. Однако в настоящее время еще нет общепринятого и достаточно формализованного его определения. Чаще всего оно дается на структурном уровне (большое количество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, обеспечивающих выполнение некоторой достаточно сложной функции,— см., например, [6]). Кроме того, подчеркивают реальную или условную возможность отделить саму систему от окружающей ее среды, т. е. возможность пренебречь выходными связями системы с «остальным миром». В системологии различают неформальную структуру системы, в которой фигурируют «первичные» элементы (вплоть, например, до атомов и микрочастиц), и формальную, где в качестве «неделимых» элементов рассматриваются системы нижележащего иерархического уровня (например, для популяции — отдельные особи, для сообщества — популяции и т. д.). Такая относительность понятия структуры и вызывает трудность (а зачастую и невозможность) определения «сложной системы» на структурном уровне [22, 30].

Любая система определяется не только структурой, формализуемой математическим понятием графа, но и поведением — функционированием системы во времени[1].

[1] Под сложной системой мы будем понимать систему, которая включает в себя в качестве хотя бы одной подсистемы «решаю-

Сложные системы в отличие от простых имеют большое число взаимосвязанных качеств, среди которых следует различать простые и целостные свойства (например, целостными свойствами такой сложной системы, как популяция растений, являются устойчивость и живучесть, а простыми — обилие и биомасса). Целостные свойства сложной системы нельзя изучить путем ее «расчленения» [3], они не аддитивны (нельзя вывести устойчивость всей популяции, например, к фактору радиоктивного излучения, только через устойчивость ее отдельных особей, в то время как численность популяции можно определить, пересчитав все особи). Именно на исследование целостных свойств сложной системы и ориентирована методология системного подхода. Постановка лабораторных или натурных экспериментов с целью изучения целостных свойств сложных систем часто невозможна (во многих случаях в силу уникальности этих систем — например, экспериментально нельзя исследовать такую характеристику биосферы, как ее устойчивость к загрязнению). Тогда единственный способ изучения, прогнозирования и управления поведением и структурой таких систем — моделирование.

Определение понятия «моделирование» и классификация моделей — одна из важнейших методологических проблем. Моделью можно называть систему (вещественную или знаковую), собственные свойства которой настолько близки к свойствам интересующего исследователя объекта, что при помощи экспериментов с ней удается узнать нечто новое о самом объекте, причем это новое достаточно важно для исследователя [28]. Математической моделью системы называют математические соотношения (уравнения, неравенства и пр.) или программы для ЭВМ, описывающие некоторые характеристики данной системы. Моделирование, особенно математическое, является основным при построении теории сложных систем. Необходимо иметь в виду и ряд специфических принципов, отличающих эти теории от теорий простых систем, построенных, например, в некоторых разделах физики и химии, к которым прежде всего следует отнести принципы иерархической организации сложных систем, осуществимости моделей данных систем, множественности моделей, несовместимости и контринтуитивного поведения.

---

щую систему», поведение которой связано с актом решения [22, с. 6].

*Принцип иерархической организации* (или интегративных уровней [18]) позволяет соподчинить друг другу как естественные, так и искусственные системы. Различают физико-биологическую, физико-геологическую, социальную и техническую иерархии. Этот принцип широко используется при их моделировании в виде рекуррентного принципа построения моделей формальной структуры сложных систем [30]. При этом свойства систем некоторого уровня (например, популяции) выводятся в виде теорем (объясняются) на основе постулируемых свойств и связей их элементов, т. е. систем нижележащего уровня (для популяции — особи). При каждом «восхождении» на следующий иерархический уровень система предшествующего уровня становится элементом системы вышележащего уровня, поэтому усложнение формальной структуры последней не обязательно.

*Принцип осуществимости* позволяет отличать модели сложных систем от обычных моделей математики. Математические модели требуют только указания необходимых и достаточных условий существования решения (логическая непротиворечивость), модели конструктивной математики — дополнительно к этому — алгоритма нахождения данного решения (например, путем полного перебора всех возможных ситуаций). В системологии рассматриваются только те модели, для которых такой алгоритм осуществим, т. е. решение может быть найдено с заданной вероятностью за заданное время (преодоление сложности). Теория осуществимости развита в [21, 22, 40, 41] как раздел теории потенциальной эффективности сложных систем. Этот принцип достаточно формализован в системологии.

*Принцип множественности* моделей гласит, что для объяснения и предсказания структуры и (или) поведения сложной системы в пределах ошибок наблюдений возможно построение нескольких моделей [4]. Множественность моделей проявляется даже в такой «строгой» области знания, как современная физика. В частности, известно несколько теорий квантовой физики, объясняющих одни и те же наблюдаемые явления исходя из разных принципов.

По укоренившейся в современной науке традиции понимание явления отождествляется с возможностью его

количественного анализа. *Принцип несовместимости* накладывает ограничения на эти возможности: чем глубже анализируется реальная система, тем менее определенны наши суждения о ее поведении [9]. Несовместимость «простоты» модели и точности решения задачи отмечает Р. Беллман [7].

*Принцип контринтуитивного поведения* был сформулирован Дж. Форрестером [25], который одним из первых обратил внимание на то, что дать удовлетворительный прогноз о поведении сложной системы в достаточно большом промежутке времени, опираясь только на собственный опыт и интуицию, практически невозможно. Наша интуиция «воспитана» на общении с простыми системами, где связи элементов практически всегда удается проследить «от начала до конца». Контринтуитивность поведения сложной системы состоит в том, что она реагирует на воздействия совсем иным образом, чем это нами интуитивно ожидалось. Три последних принципа практически не формализованы.

## ОБЩИЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В системологии классификация методов моделирования в определенной степени условна и предназначена не столько для описания сходства, сколько для выявления различий в подходах. Она может быть проведена как по форме (способу построения), так и по содержанию (качественной специфике моделей и изучаемых систем). Чаще всего классификации моделей сложных систем строились именно по форме и основывались либо на природе моделируемой системы (например, по характеру преобладающих в системе и выделяемых для моделирования связей между элементами — вещественные, энергетические и информационные [8]), либо на способах моделирования (например, вероятностные или детерминированные, дискретные или непрерывные, с последействием или без последействия, изменяющие в зависимости от условий характер функционирования и неизменяющие) [13]. Однако в первом случае процессы в сложных системах настолько переплетены, что «вычленение» их — операция сложная, а иногда и просто неосуществимая. Классификация моделей вторым способом также представляется мало конструктивной, так как использование модели

Таблица 1

Соответствие систем и их моделей

| Системы | | Принципы усложняющегося поведения систем (по Б. С. Флейшману) | Состояния, вызывающие поведение систем (по Р. Акоффу) | Модели |
|---|---|---|---|---|
| Простые | | Вещественно-энергетический баланс (на основе законов сохранения)<br>Гомеостазис на основе обратных связей | Системы, сохраняющие состояние<br>Системы поиска одного результата | Аналитические модели (законы); самоорганизующиеся модели (в форме открытия законов) |
| Сложные | без интеллекта | Выбор решений (на основе индуктивного поведения)<br>Перспективная активность (преадаптация) | Системы поиска нескольких результатов<br>Направленные системы | Аналитические модели (феноменологические и модели потенциальной эффективности); имитационные модели; самоорганизующиеся модели |
| | с интеллектом | Рефлексия | Целевые системы и системы, стремящиеся к идеалу | Эвристическое программирован |

того или иного класса в этом случае, по выражению В. В. Налимова, «во многом зависит от уровня интеллектуального эстетизма» [16, с. 15]. Действительно, исследователь скорее будет строить вероятностную модель, если он лучше знает вероятностный аппарат, чем аппарат дифференциальных уравнений (независимо от свойств моделируемой системы). Поэтому выбор «техники» моделирования не должен предшествовать выбору его метода, который определяется целями исследования и степенью полноты эмпирической информации об изучаемой системе.

Более конструктивными являются классификации методов математического моделирования, связанные с внутренними свойствами сложных систем. Прежде всего рассмотрим связь между усложнением поведения моделируемых объектов и методами их моделирования (см. табл. 1). Последние, как и принципы усложняющегося поведения, появившиеся на данном уровне сложности и сохраняющиеся для систем более высокого уровня, соответ-

ствуют определенному уровню сложности [1, 22, 30]. Так, простые системы наиболее адекватно представляются аналитическими моделями (например, законы Ньютона, Ома и т. д.). Эти же модели могут применяться и для моделирования более сложных систем, однако их предсказательная способность будет значительно ниже. Для сложных систем, не наделенных интеллектом, наиболее эффективными будут имитационные, самоорганизующиеся и аналитические модели потенциальной эффективности. Наконец, для сложных систем с интеллектом выделен специальный класс методов моделирования — эвристическое программирование.

Основная задача *эмпирико-статистического моделирования* — упорядочить большой объем эмпирической информации о структуре и поведении сложной системы и дать обработанную информацию для построения других математических моделей. Методы эмпирико-статистического моделирования очень разнообразны (от простейшей статистической обработки до регрессионного, факторного и кластерного анализов) и используются на первом этапе математизации той или иной области знания. Однако эмпирико-статистические модели не позволяют вскрывать причинно-следственных связей моделируемых систем; они служат только для проверки разного рода гипотез об этих связях.

*Аналитические модели* сложных систем в силу своей «упрощенности» (при их построении сознательно идут на выбор только самых существенных, с точки зрения исследователя, элементов и связей) выполняют только объяснительную функцию теории при условии, что лежащие в их основе гипотезы справедливы и непротиворечивы. Аналитические модели реализуются без ЭВМ и позволяют построить качественную картину анализируемого явления или объекта. При этом различают две группы аналитических моделей: феноменологические [33] (строятся в результате непосредственного наблюдения за системой) и модели потенциальной эффективности сложных систем. (Последние применимы лишь к сложным системам, которые уже достаточно приблизились к своим оптимальным прототипам. Они носят оценочный характер и определяют некоторые «запреты» на конечные исходы [22].)

*Имитационные модели* отображают известные исследователю представления о структуре и динамике сложной

системы. Адекватность (с точки зрения выполнения некоторой цели) имитационной модели достигается за счет приближения числа ее параметров к числу параметров системы; при этом сложность модели оказывается сравнимой со сложностью самой системы [14, 27]. Реализация такой модели осуществляется на ЭВМ в виде комплекса программ с использованием «блочного» принципа построения (разбиения исходной системы па ряд слабозависимых подсистем, модели которых могут быть верифицированы в отдельности до их включения в общую модель). Для реализации метода имитационного моделирования необходимо наличие имитационной системы [15], которая включает модель, имитирующую функционирование изучаемого объекта, и системы внутреннего и внешнего математического обеспечения. Первое представляет собой совокупность алгоритмов, программ и устройств, реализующих эффективный диалог человека и ЭВМ, второе — совокупность упрощенных моделей функционирования системы и ее подсистем, а также методов анализа этих моделей. Положительными чертами имитационных моделей являются высокая точность прогнозов (при условии адекватности модели исследуемой системе), возможность описания поведения системы (построение диаграмм причинно-следственных связей), гибкость модели по отношению к новым ситуациям (возможность ее быстрой подстройки в силу блочного принципа построения). В процессе построения таких моделей происходит общение и взаимное обогащение знаниями специалистов различных областей, вырабатывается некий общий язык, более строго и направленно планируются эксперименты и натурные наблюдения и т. д. К отрицательным чертам имитационного моделирования следует отнести низкую возможность объяснения поведения системы, необходимость иметь достаточно большой объем эмпирической информации для идентификации и верификации модели и очень высокую стоимость разработки модели.

*Самоорганизующиеся модели*, так же как и имитационные, являются прогнозирующими, однако для их синтеза на ЭВМ необходимо значительно меньше эмпирической информации и финансовых затрат (в силу значительной общности алгоритмов самоорганизации). Их алгоритмическая реализация — эволюционное моделирование [24] и метод группового учета аргументов [10]. В последнем случае функция исследователя сводится только к заданию

списка исходных переменных и «критерия селекции». Последний выражает представления исследователя о качестве получаемой модели. Например, в качестве критерия селекции может выступать ошибка прогноза проверочной последовательности экспериментальных данных, после того как модель построена на основе другой последовательности — обучающей. Саму модель строит ЭВМ путем перебора различных частных моделей и выбора для дальнейшего анализа лучших из них (с точки зрения введенного критерия селекции).

Наконец, *эвристическое программирование* представляет область перехода между имитационными и самоорганизующимися моделями. Цель его — построение таких моделей, которые воспроизводили бы процесс мышления человека [2, 20]. Наиболее эффективно эвристическое программирование для построения моделей систем, наделенных интеллектом, сложность поведения которых определяется их способностью к рефлексии. К эвристическим методам относится ситуационное управление большими социально-экономическими системами (см. [19]).

Рассмотренные основные методы математического моделирования сложных систем могут быть классифицированы с точки зрения соотношения в процессе построения роли исследователя и ЭВМ (см. рис. 1). Подобно тому, как Л. Заде [9] различает «гуманистические» и «механистические» системы, будем различать дедуктивные модели, построенные непосредственно исследователем, и индуктивные, вклад исследователя в построение которых минимален, а основную роль в их создании играет ЭВМ. Целесообразно выделить и третий тип индуктивно-дедуктивных моделей: в них более или менее равным образом используются представления исследователя о структуре и поведении системы и элементы машинной самоорганизации[2]. Подчеркнем, что «границы» между основными методами математического моделирования сложных систем, представленными на схеме, весьма условны и в ряде случаев бывает трудно определить, к какому классу относится та или иная модель. Это отражает наблюдающуюся в настоящее время конвергенцию различных направлений моделирования [5, 11].

[2] Аналогичная классификация построена В. И. Беляевым [4], который различает модели сложных систем по уровню использования данных наблюдений (теоретические, эмпирические и полуэмпирические модели).

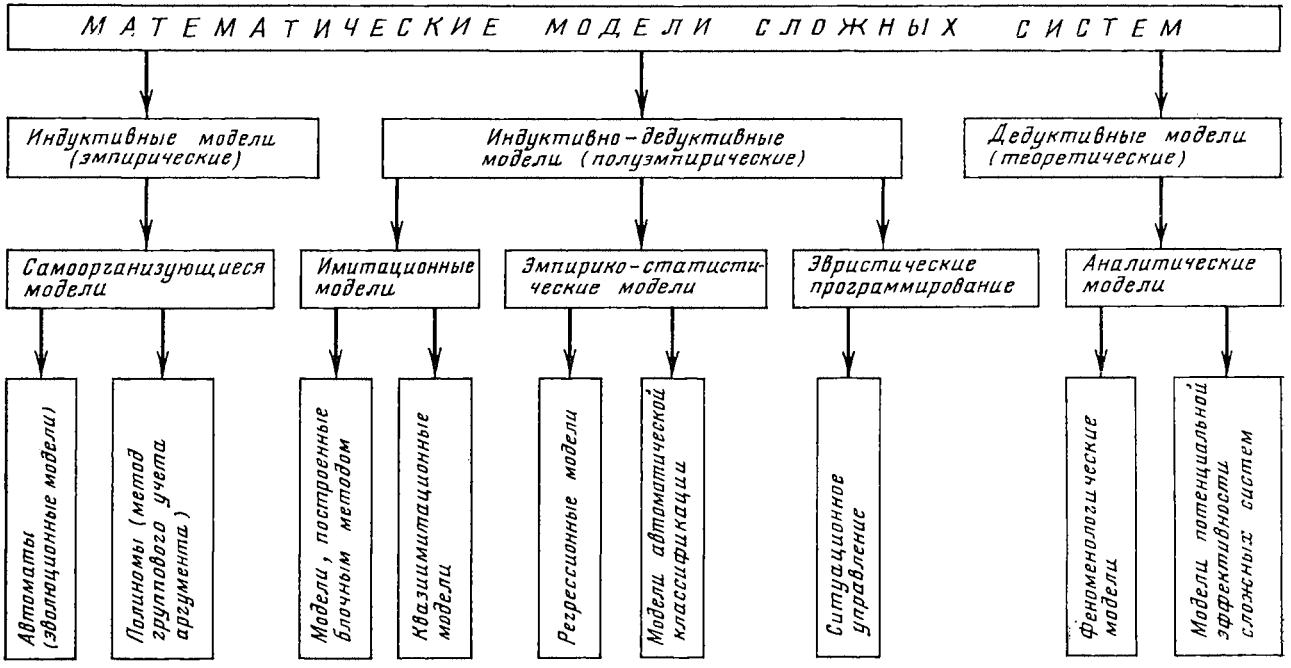



**Рис. 1. Схема соподчинения математических моделей сложных систем по соотношению вкладов в их построении исследователя и ЭВМ**

## ФУНКЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ МОДЕЛЯМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В данном разделе будут рассмотрены классификации моделей сложных систем по функциям, которые эти модели в состоянии выполнять при исследовании оригиналов. В табл. 2 указаны функции, выполняемые основными моделями сложных систем.

*Измерительная функция* — самый древний вид модельного исследования. Наиболее важным свойством, реализующимся для этой цели в модели, является свойство подобия модели и моделируемой системы. Простейшей нематематической моделью, позволяющей продемонстрировать измерительную функцию, служит географическая карта, по которой можно проводить измерения между различными точками земной поверхности.

*Описательная функция* модели чаще всего не является самостоятельной. Она реализуется наряду с другими функциями. Если описание выступает как непосредственно самостоятельная задача, то соответствующая этой задаче модель, как правило, носит не исследовательский, а демонстрационный характер. Наличие описательной функции у аналитических и эмпирико-статистических моделей очевидно. В имитационном моделировании эту функцию выполняют структурно-функциональные схемы или диаграммы причинных связей между переменными модели (в частности, в соответствии с принципами «системной динамики» Дж. Форрестера) (см., например, [26]).

*Интерпретаторская функция* как осмысление границ применимости модели и получаемых с ее помощью решений свойственна лишь аналитическим и эмпирико-статистическим моделям. Численное решение, являющееся основой имитационных и самоорганизующихся моделей (если только они не представляют собой полный перебор всех возможных ситуаций), не позволяет определить область применимости модели, а вероятность «выйти» на нетривиальное, ранее не подразумеваемое решение,— весьма мала.

Объяснительная и предсказательная функции наиболее важны, так как непосредственно реализуют основные цели любой математической теории — объяснения и предсказания явлений [23]. Использование модели для интерпретации не только формального аппарата теории, но и данных экспериментов, превращает ее в *объясни-*

Таблица 2

**Функции, выполняемые моделями сложных систем**

| Модели | Функции моделей | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | на эмпирическом уровне исследования | | на теоретическом уровне исследования | | | |
| | измерительная | описательная | интерпретаторская | объяснительная | предсказательная | критериальная |
| Эмпирико-статистические | | + | + | | | + |
| Имитационные | + | + | | | + | + |
| Самоорганизующиеся | + | | | | + | + |
| Аналитические: | | | | | | |
| а) феноменологические | | + | + | + | | |
| б) потенциально-эффективные | | + | + | + | + | |
| Эвристическое программирование | + | + | | | + | + |

*тельную* модель. Всякое реальное объяснение должно строиться таким образом, чтобы его доводы, аргументация и специфические характеристики имели непосредственное отношение к тем предметам, явлениям и событиям, которые они объясняют, иными словами, должна выполняться адекватность объяснения. Для объяснения необходимо знать закон управления поведением модели, а его возможно «вычленить» лишь на достаточно простых аналитических моделях (особую роль в этом случае играют модели потенциальной эффективности сложных систем) и иметь принципиальную возможность проверить результат объяснения. Например, для уникальных экосистем, над которыми невозможно проведение натурных наблюдений и экспериментов, из модели должны быть выведены некоторые свойства, допускающие опытную проверку [23].

Аналитические же модели, обладая объяснительной способностью, не могут служить для количественного прогнозирования, так как при их построении исследователь

сознательно идет на ряд существенных упрощений исходной системы, выделяя лишь наиболее важные, с его точки зрения, или для целей моделирования свойства этой системы [23]. Аналогичную идею о невозможности использования имитационной модели для объяснения, а аналитической — для предсказания, можно найти также в ряде работ [31, 32], где, в частности, указывается на принципиальное значение для математических моделей понятия их «узаконенности» (англ. validation). Модель считается узаконенной, если она не обнаруживает поведения, которое не соответствовало бы поведению моделируемой сложной системы. Кроме того, модель считается «полезной», если с ее помощью достаточно корректно предсказываются некоторые характерные черты поведения сложной системы. Поскольку не существует абсолютно точных моделей, имитационные модели следует считать неузаконенными, т. е. необъясняющими, но полезными, т. е. предсказывающими.

*Предсказательную функцию* в системологии выполняют имитационные и самоорганизующиеся модели и модели эвристического программирования. В данном случае можно говорить о «положительном» прогнозировании, т. е. прогноз позволяет получить ответ на вопрос: что может быть с системой в будущем? В табл. 2 прогностические функции отмечены и у моделей потенциальной эффективности сложных систем. Правда, получаемый с их помощью прогноз будет «отрицательным», поскольку исследователь получает ответ на вопрос: чего с системой быть не может? В этом и проявляется оценочный характер моделей потенциальной эффективности сложных систем — с их помощью получают верхние оценки эффективности по рассматриваемому качеству (все реальные системы будут менее эффективны [22]).

Наконец, модель выполняет *критериальную функцию*, если с ее помощью можно проверять истинность знаний об оригинале. Иными словами, для выполнения критериальной функции модель должна допускать над собой экспериментирование с целью получения новой информации, проверяемой на исходной системе. Таким свойством обладают эмпирико-статистические, имитационные и самоорганизующиеся модели, а также модели эвристического программирования. Однако при постановке экспериментов на этих моделях необходимо учитывать целый комплекс принципов планирования экспериментов [12, 16, 17].

**Таблица 3**

**Некоторые свойства и параметры моделей**

| Модели | Информация, используемая при построении модели | | Общность | | Характер выводов | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | теоретическая | эмпирическая | методов | выводов | качественный | количественный |
| Эмпирико-статистические | + | + | | | | + |
| Имитационные | + | + | | | | + |
| Самоорганизующиеся | | + | + | | | + |
| Аналитические: | | | | | | |
| а) феноменологические | + | | | | + | |
| б) потенциально-эффективные | + | | + | + | + | |
| Эвристическое программирование | + | + | | | | + |

В табл. 3 указан ряд свойств, которыми обладают основные модели сложных систем. Со способом задания исходных данных тесно связаны и характеристики качественности и количественности получаемых выводов. Правда, в ряде случаев, когда эмпирическая информация задается качественными данными (например, экспертными оценками), и имитационные, и самоорганизующиеся модели будут давать прогноз, который следует интерпретировать только качественно. Важным свойством, которое можно определить как общность методов и выводов, обладают модели потенциальной эффективности, которые строятся на вероятностной основе с использованием оценок вероятностей «больших уклонений». Общностью методов обладают и самоорганизующиеся модели: с помощью одних и тех же алгоритмов синтезируются самоорганизующиеся модели различных по своей природе сложных систем (экономика Англии, сток Днепра, загрязнение Байкала, динамика биосферы и т. п. [10]).

* * *

В заключение сформулируем несколько выводов. Прежде всего необходимо отметить использование *принципа множественности моделей* при построении математической теории в системологии. Из табл. 2 и 3 видно, что ни один из способов моделирования не обладает одновременно всеми рассмотренными свойствами и всем набором функций моделей, поэтому невозможно построить унифицированную теорию [29]. *Принцип осуществимости моделей* проявляется в блочном способе построения имитационных моделей, что позволяет в какой-то степени преодолеть «проклятие многомерности» [7], и в моделях потенциальной эффективности, с помощью которых могут быть отброшены некоторые невозможные для реальных систем ситуации. *Принцип несовместимости* проявляется в том, что ни один из методов моделирования не реализует одновременно объяснительную и предсказательную функции теории. Наконец, *принцип контринтуитивного поведения* сложных систем учитывается при построении самоорганизующихся моделей (отказ от дедуктивного подхода к моделированию, при котором происходит «навязывание» представлений исследователя о структуре и механизмах динамики моделируемых систем).

Необходимо еще раз подчеркнуть, что математическое моделирование сложных систем должно рассматриваться как расширение традиционного естественнонаучного эксперимента. Применительно к анализу экономических форм и общественных отношений, как и к анализу любой другой сложной системы, эксперимент должна заменить сила абстракции и моделирование на ЭВМ.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Акофф Р.* О природе систем.— Изв. АН СССР, 1971, № 3, с. 68—75.
2. *Александров Е. А.* Основы теории эвристических решений. М.: Сов. радио, 1975. 256 с.
3. *Афанасьев В. Г.* О целостных системах.— Вопр. философии, 1980, № 6, с. 62—78.
4. *Беляев В. И.* Теория сложных геосистем. Киев: Наук. думка, 1978. 157 с.
5. *Беляев В. И., Ивахненко А. Г., Флейшман Б. С.* Имитация, самоорганизация и потенциальная эффективность.— Автоматика, 1979, № 6, с. 9—17.
6. *Бусленко Н. П.* Моделирование сложных систем. 2-е изд. М.: Наука, 1978. 400 с.

7. *Беллман Р.* Динамическое программирование. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 400 с.
8. *Дружинин В. В., Конторов Д. С.* Проблемы системологии. М.: Сов. радио, 1977. 296 с.
9. *Заде Л.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений.— В кн.: Математика сегодня. М.: Мир, 1974, с. 5—49. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Математика, кибернетика; Вып. 7).
10. *Ивахненко А. Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев: Техника, 1975. 312 с.
11. *Ивахненко А. Г.* Комбинированные имитационно-индуктивные методы моделирования экологических систем.— Автоматика, 1979, № 5, с. 8—18.
12. *Клейнен Дж.* Статистические эксперименты в имитационном моделировании. М.: Мир, 1978. 221 с.
13. *Ляпунов А. А., Багриновская Г. П.* О методологических вопросах математической биологии.— В кн.: Математическое моделирование в биологии. М.: Наука, 1975, с. 5—18.
14. *Моисеев Н. Н.* Имитационные модели.— В кн.: Наука и человечество: Междунар. ежегодник. М.: Наука, 1973, с. 259—269.
15. *Моисеев Н. Н.* Математика ставит эксперимент. М.: Наука, 1979.
16. *Налимов В. В.* Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 207 с.
17. *Нейлор Т.* Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М.: Мир, 1975. 500 с.
18. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 680 с.
19. *Поспелов Д. А.* Принципы ситуационного управления.— Изв. АН СССР. ТК, 1971, № 2, с. 65—72.
20. *Слейгл Дж.* Искусственный интеллект: Подход на основе эвристического программирования. М.: Мир, 1973. 280 с.
21. *Флейшман Б. С.* Конструктивные методы оптимального кодирования для каналов с шумами. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 224 с.
22. *Флейшман Б. С.* Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. М.: Сов. радио, 1971. 224 с.
23. *Флейшман Б. С.* Об имитационном и оптимизационном моделировании экосистем. В кн.: Биогеофизические и математические методы исследования геосистем. М.: Ин-т географии АН СССР, 1978, с. 51—65.
24. *Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М.* Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. М.: Мир, 1969. 230 с.
25. *Форрестер Дж.* Антиинтуитивное поведение сложных систем.— В кн.: Современные проблемы кибернетики. М.: Знание, 1977, с. 9—25 (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Математика, кибернетика; Вып. 7).
26. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: Мир, 1978. 168 с.
27. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование — искусство и наука. М.: Мир, 1978. 418 с.
28. *Штофф В. А.* Моделирование и философия. М.; Л.: Наука, 1966.
29. *Gonway G. R.* Mathematical models in applied ecology.— Nature, 1977, vol. 269, N 5626, p. 291—297.
30. *Fleishman B. S.* Philosophy of systemology.— Cybernetica, 1976, vol. 19, N 4, p. 261—272.
31. *Levins R.* The search for the macroscopie in ecosystems.— Simulat. Counc. Proc. Ser., 1975, vol. 5, N 2, p. 213—222.
32. *Mankin I. B., O'Neill R. V., Shugart H. H., Rust B. W.* The importance of validation in ecosystem analysis.— Ibid., p. 63—71.
33. *Pielou E.* Mathematical ecology. N. Y.: Wiley, 1977. 385 p.

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ И ИГРОВЫЕ ЗАДАЧИ

В. С. ЛЕВЧЕНКОВ

Теория игр возникла как математическая дисциплина, формализующая описание ряда ситуаций, характерных для окружающей нас жизни. Было выделено много различных систем, содержащих специфические элементы, требующие игрового подхода. Это, например, игры в традиционном смысле (шахматы, лотереи, карточные игры), а также игры, возникающие в различных областях экономики (рынки, конфликтные ситуации в планировании и функционировании отраслей), военного дела (проблемы ведения военных действий, размещение оборонительных систем) и политики (переговоры, сделки). Как это вытекает из анализа реальных ситуаций, игровая система (игра) возникает там, где есть столкновение несовпадающих интересов нескольких сторон. Основным элементом игры при этом является наличие в структуре изучаемой системы ряда игроков, обладающих определенной свободой поведения (набором игровых стратегий) и заинтересованностью в игре (выигрышем или проигрышем, в зависимости от конкретного выбора стратегии). Выделение и формализация важнейших элементов игры было важным достижением на пути становления теории игр как дисциплины, имеющей самостоятельный объект исследования и позволяющей использовать математические средства для его описания [7, 9]. В результате такой формализации был сформирован специфический математический аппарат для решения игр различных классов, базирующийся на предположении о существовании некоторых «разумных» принципов поведения игроков и предлагающий ряд необходимых и достаточных условий игровых решений, построенных на основе этих принципов. В статье мы рассмотрим связь, существующую между теорией игр и математической теорией динамических систем, сформулируем постановку динамического варианта игры, дадим определение понятия равновесия и проанализируем возникающее в этом случае решение. Приведем сначала описание традиционных элементов аппарата теории игр.

Прежде всего рассмотрим математическое описание так называемых бескоалиционных игр. Их теория более

проста и содержит все основные элементы математических конструкций, применяемых в процессе анализа разнообразных игр. Точное определение игры мы дадим несколько позже, описав сначала составляющие ее элементы.

Обозначим через $\mathcal{P}$ множество игроков, которое будем считать в дальнейшем конечным (и даже содержащим только два элемента $P_1$, $P_2$). Предполагается, что каждый из игроков $P_i$ ($i = 1, 2$) имеет в своем распоряжении некоторое множество $S_i$ возможных действий (стратегий), которые он может использовать в процессе игры. Множества $S_i$ содержат более одного элемента (что и порождает определенную свободу действий игроков), в противном случае поведение игроков будет задано и никакой игры не возникнет. Под процессом игры понимается выбор каждым игроком одной из своих стратегий $s_i \in S_i$. В результате этого выбора выявляется совместная стратегия игроков $(s_1, s_2)$, которая в теории игр получила название игровой ситуации. Совокупность всех игровых ситуаций образует некоторое множество, принадлежащее декартовому произведению множеств $S_1$ и $S_2$. В каждой ситуации $s$ игроки получают некоторые выигрыши, которые обозначим $F_i(s)$ ($i = 1, 2$). Формируемая при этом вещественная функция $F_i$, определенная на множестве всех ситуаций $S$, называется функцией выигрыша игрока $P_i$. Введенные понятия служат основой для точной формулировки бескоалиционной игры, определение которой связывается с заданием математической структуры $\Gamma = \langle I, S, (F_i)_{i \in I} \rangle$, где $I$ — множество номеров игроков (считается для простоты $I = \{1,2\}$); $S \subset \prod_{i \in I} S_i$ — множество ситуаций игры, $F_i$ — вещественная функция на $S$, определяющая выигрыш игрока $P_i$. Поскольку $S$ содержится в декартовом произведении множеств $S_i$, естественно определить проекционные операторы $p_i$: $S \to S_i$, которые позволяют выделить из совместной стратегии $s$ игроков $\mathcal{P}$ стратегию, выбираемую игроком $P_i$: $s_i = p_i s$. Фиксируя ту или иную стратегию $s_i \in S_i$, игрок пытается сформировать такую ситуацию игры, в которой значение его функции выигрыша оказывается наибольшим. В результате он стремится выбрать $s_i = \hat{\hat{s}}_i$, где $\hat{s}_i$ является проекцией ситуации $\hat{s}$, которая удовлетворяет условию $F_i(\hat{\hat{s}}) = \max_{s \in S} F_i(s)$. Однако, как правило, для такого $\hat{s}$ функция выигрыша игрока $P_j$

$(j \neq i)$ отнюдь не наибольшая, а значит стратегия $p_j\hat{s}$ его не удовлетворит, что приводит в конечном счете к неприемлемости ситуации $\hat{s}$ как исхода игры. В этом фактически и проявляется специфическая особенность игровых систем, резко отличающая их от объектов, рассматриваемых в задачах оптимизации, в которых есть только один функционал. Его максимум и определяет решение задачи. В игровых системах, напротив, есть не менее двух функционалов (в нашем случае функций $F_i$), причем точки, в которых они достигают максимума, различны. Это означает, что интересы игроков, выбирающих свои стратегии из соответствующих множеств $S_i$, не совпадают. Существуют игры (называемые играми с нулевой суммой), в которых эти интересы прямо противоположны: в любой точке $s \in S$ выполнено $F_1(s) + F_2(s) = 0$. Тогда в точке $\hat{s}$, где достигает максимума функция $F_1$, функция $F_2$ достигает минимума.

Сформулируем теперь понятие решения для игры, заданной в виде тройки $\Gamma = \langle I, S, (F_i)_{i \in I} \rangle$. Для этого выделим ситуации, приемлемые для игроков, следующим образом [3]. Ситуация $\bar{s} = (\bar{s}_1, \bar{s}_2)$ называется приемлемой для игрока $P_1$, если для любой его стратегии $s_1'$ выполнено $F_1(s_1', \bar{s}_2) \leqslant F_1(\bar{s}_1, \bar{s}_2)$. Для игрока $P_2$ определение формулируется аналогично. Ясно, что приемлемой для игрока является такая ситуация $\bar{s}$, отклонение от которой за счет изменения его стратегии не приводит к увеличению выигрыша. Ситуация $s^*$, приемлемая для обоих игроков, называется ситуацией равновесия. Из этого определения следует, что если один из игроков зафиксировал свою равновесную стратегию $s_i^*$ $(s_i^* = p_i s^*)$, то другому игроку выгодно принять также равновесную стратегию. Значительная часть теории бескоалиционных игр посвящена исследованию вопроса о существовании и нахождении точек равновесия. Этот процесс обычно и называют решением игры. Однако так определяемое решение игры, если использовать его как основу для формирования принципа «рационального» поведения игроков, в ряде примеров может быть подвергнуто вполне справедливой критике. Действительно, с одной стороны, существует довольно много игр, в которых нет ни одной равновесной точки. С другой стороны, точки могут существовать, но по структуре игры видно, что, используя их, игроки реализуют далеко не все возможности, позволяющие получить больший выигрыш.

Для анализа подобной ситуации рассмотрим следующий пример. Пусть множество ситуаций игры состоит из четырех элементов $S = \{\alpha, \beta, \gamma, \delta\}$. В ней принимают участие два игрока $P_1$, $P_2$, для которых $p_1\{\alpha, \beta, \gamma, \delta\} = \{s_1, s_1, s_1', s_1'\}$; $p_2\{\alpha, \beta, \gamma, \delta\} = \{s_2, s_2', s_2, s_2'\}$; $F_1\{\alpha, \beta, \gamma, \delta\} = \{5, 1, 10, 2\}$; $F_2\{\alpha, \beta, \gamma, \delta\} = \{5, 10, 1, 2\}$. Для данной игры (называемой обычно «дилеммой заключенного») ситуация $\delta = (s_1', s_2')$ является равновесной, а выигрыши игроков в ней совпадают и равны 2. Однако ситуация $\alpha$ более выгодна игрокам (так как $F_1(\alpha) = F_2(\alpha) = 5$), но не является приемлемой без дополнительного соглашения между ними. Действительно, пусть игрок $P_2$ выбирает стратегию $s_2$. Если нет специального договора, возможно, что игрок $P_1$ вместо $s_1$ примет стратегию $s_1'$. Тогда исходом игры является ситуация $\gamma = (s_1', s_2)$, в которой $F_1(\gamma) = 10$, $F_2(\gamma) = 1$. В результате первый игрок сильно увеличивает свой выигрыш (даже по сравнению с ситуацией $\alpha$), а второй теряет (как по отношению к $\alpha$, так и к $\delta$). Таким образом, выбор решения этой игры зависит не только от вида функций выигрыша, но и от других свойств игры: возможности договора между игроками, веры их в порядочность друг друга. Причем эти элементы игры становятся при нахождении решения наиболее существенными, так как приводят к рассмотрению ситуаций, кардинально отличающихся от равновесных. Кстати, даже традиционное понятие равновесия оказывается одной из форм договора (довольно слабой), состоящего, например для игр с нулевой суммой, в том, что один игрок объявляет противнику свой выбор, в качестве которого называет равновесную стратегию. Тогда другому игроку ничего не остается, как применять свою равновесную стратегию (если, конечно, он ориентируется на создание ситуации, в которой его выигрыш будет наибольшим). В результате основой выбора решения является некоторый процесс, определяющий приемлемые компромиссы между игроками, достижимые в данной игре, и существенно использующий степень информированности игроков о возможностях противника [4]. Этот процесс и нужно исследовать, пытаясь найти для него подходящую реализацию. В качестве решения в этом случае можно выделить некоторое подмножество $S^* \subset S$, являющееся прямым произведением множеств $S_i^*$ $(i = 1, 2)$. Элементы, входящие в $S_i^*$, и составляют совокупность приемлемых страте-

гий игроков. Дальнейшее сужение множества $S^*$ до одного элемента требует учета дополнительных обстоятельств (зачастую неформализуемых) и производится на основе некоторого соглашения между игроками. Основу соглашения можно прояснить, используя многократное повторение одной и той же статической игры и выявляя выбор, сделанный каждым игроком. В этом случае игру можно понимать как такой динамический процесс, где игроки поочередно делают ходы, зная ситуации, возникающие на каждом шаге. Исследование динамических равновесий в этой игре позволяет получить представление о деталях возможного поведения игроков, проявляет те скрытые (при статическом рассмотрении) мотивы, которые приводят к формированию у игроков приоритета в выборе той или иной стратегии. В дальнейшем нашей основной целью является исследование такого подхода, для чего мы используем математический аппарат теории динамических систем [8].

## ФОРМУЛИРОВКА ИГРОВОЙ ЗАДАЧИ В ТЕРМИНАХ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Пусть задано множество $X \times Y$, представимое в виде прямого произведения множеств $X$ и $Y$ (пространств состояний двух игроков $P_1$, $P_2$), выделено подмножество $Z \subset X \times Y$ (фазовое пространство игры) и каждой точке $z \in Z$ сопоставлена пара вещественных чисел $\Phi_1(z)$, $\Phi_2(z)$, определяющая выигрыши игроков в состоянии $z$. Выбор множества $Z$ и функций $\Phi_1$, $\Phi_2$ существенно зависит от конкретной структуры изучаемого объекта и может производиться с определенной свободой. Задание элементов, принадлежащих $Z$, и вида $\Phi_i$ определяет в некотором смысле только потенциальные возможности игры, а не сам процесс ее проведения. Конкретная реализация игры (т. е. последовательность состояний $z \in Z$) должна находиться из дополнительных принципов, отражающих поведенческие аспекты, присущие человеку в контексте данной игры. Для формализации этой стороны игрового процесса вводится понятие стратегий игроков как совокупности определенных наборов их возможных поведений на разных шагах процесса. В результате игровая система приобретает динамические свойства и ей может быть приписана определенная траектория, сводящаяся в частном случае к фиксированной точке $z^* \in Z$ — положению рав-

новесия системы. При этом динамика системы должна увязываться с видом функций $\Phi_1$ и $\Phi_2$ на основе некоторого принципа (например, из условия получения на каждом шаге выигрыша не менее гарантированного результата или достижения точки максимума $\Phi_1 + \Phi_2$ и т. п.). Существование такого принципа, вообще говоря, ниоткуда не следует, а является следствием некоторого соглашения (компромисса) между игроками. Действительно, у каждого игрока может существовать свой принцип поведения, определяющий конкретный выбор элементов из его пространства состояний $X$ или $Y$. Взаимодействие этих принципов определяет как выбор точки $z = (x, y)$ (а значит — и величины выигрышей $\Phi_i(z)$), так и возможные переходы в другие точки пространства состояний игры. В результате формируется компромиссное поведение игроков.

Таким образом, игре может быть сопоставлена динамическая система с фазовым пространством $Z$ и динамическим оператором $U : Z \mapsto Z$, вид которого зависит от стратегий, выбираемых игроками. При этом на фазовом пространстве должны быть определены функции $\Phi_1$, $\Phi_2$, значения которых оказывают существенное влияние на выбор стратегий игроками. Отметим сразу же, что нетривиальной особенностью возникающей динамической системы является зависимость ее динамического оператора от поведения игроков, т. е. в конечном счете — от их желаний и устремлений, которые трудно формализовать. Учитывая этот факт, теория игр выдвинула в качестве основных понятий не конструкции, свойственные математической теории динамических систем, а понятия стратегии ($\hat{s}_i \in S$) и исхода игры ($\bar{s} \in S$). В такой постановке, как было показано выше, игровая задача вообще не содержит фазового пространства $Z$ и динамического оператора $U$. Их место занимают понятие пространства совместных стратегий (ситуаций игры) $S$ и принцип «рационального» поведения игроков, формируемый на основе вида функций выигрыша $F_i$ ($i \in I$), заданных на $S$ и определяющих приемлемость того или иного исхода для игроков. Основное внимание при решении игровой задачи в такой постановке уделяется проблеме конструктивного описания множества стратегий $S$ и формулировке обоснованного принципа «рационального» поведения игроков, позволяющего разумным образом выбрать либо определенный элемент $s^* \in S$, либо некоторую меру $\mu$ на $S$,

которые и объявляются равновесными в игре. В первом случае говорят о равновесии в чистых стратегиях, а во втором — в смешанных [3, 10]. Выигрыши игроков при этом определяются величинами $F_i(s^*)$ или $\bar{F}_i = \int F_i(s)\, d\mu(s)$ соответственно.

Представляет интерес сопоставить формулировку игры в виде динамической системы $(Z, U)$ и в статическом виде $\langle I, S, (F_i)_{i\in I}\rangle$. Понятно, что игра, заданная парой $(Z, U)$, при статической формулировке требует для своего описания (даже в случае фазового пространства $Z$ с конечным числом элементов) введения бесконечного и плохо обозримого множества стратегий $S_D$, которое в общем случае должно реализовывать любую из бесконечного числа траекторий в $Z$. При этом совершенно неясно, какого принципа «рационального» поведения должны придерживаться игроки и как построить функции $F_i$ исходя из $\Phi_i$. С другой стороны, статический подход часто сталкивается с проблемой многократного повторения одной и той же игры, т. е. с рассмотрением последовательности одинаковых игр, у которых совпадают как множества стратегий $S_1 = S_2 = \ldots \equiv S$, так и функции выигрыша. Этот случай легко свести к динамической системе $(S, U)$ с множеством $S$ в качестве фазового пространства и динамическим оператором, выбор которого не произволен, а должен быть увязан с принципом «рационального» поведения игроков. В связи с этим будем в дальнейшем исследовать формулировку описания теории игр на основе динамических соображений.

Пусть нам задана конечная бескоалиционная игра $\langle I, S, (F_i)_{i\in I}\rangle$. Как и выше, рассмотрим на основе этой игры динамическую систему с фазовым пространством $Z \equiv S$ и вещественными функциями $\Phi_i$ на $Z$, совпадающими с $F_i$. Учитывая, что множество $S$ является подмножеством прямого произведения $\prod_{i\in I} S_i$ совокупностей стратегий игроков, легко определить на $Z$ проекционные операторы $p_i$, сопоставляющие произвольной точке $z$ фазового пространства величины, описывающие состояние игрока $P_i$. При этом, если $I = \{1, 2\}$ и $z = (x, y)$ то $p_1 : z \mapsto x$ и $p_2 : z \mapsto y$. Таким образом, задание элемента $z \in Z$ эквивалентно заданию пары $(p_1 z, p_2 z)$. Возможные траектории построенной динамической системы представляют собой бесконечные последовательности $(\omega_n)_{n=0}^{\infty}$, $\omega_n \in Z$.

Множество всех таких последовательностей обозначим через $\Sigma^+$. Учитывая бескоалиционный характер игры, следует сузить $\Sigma^+$, выделив такие траектории, которые реально могут возникать в этой системе. Назовем множеством допустимых траекторий динамической игры множество $\Sigma_a^+$, образуемое следующим образом. Будем считать, что на каждом шаге игры меняется состояние только одного игрока. Именно, если на $n$-м шаге система находится в состоянии $\omega_n$, то на $(n+1)$-м шаге она приходит в такое состояние $\omega_{n+1}$, для которого либо $p_1\omega_{n+1} = p_1\omega_n$, либо $p_2\omega_{n+1} = p_2\omega_n$. Сужение множества траекторий системы до $\Sigma_a^+$ обусловлено именно бескоалиционным характером игры, так как наличие на каком-то шаге одновременного изменения состояний обоих игроков подразумевает, вообще говоря, существование определенного соглашения между ними.

Сопоставим теперь конечному отрезку траектории $\omega_i = (\omega_n) \in \Sigma_a^+$ длины $N$ среднее значение функций $\Phi_i$ на этом отрезке $\bar{\Phi}_i^N = 1/N \sum_{n=0}^{N-1} \Phi_i(\omega_n)$ и рассмотрим предел $\bar{\Phi}_i(\omega) = \lim_{N\to\infty} \bar{\Phi}_i^N$. Если этот предел существует, то игроки могут оценить средние значения своих функций выигрыша на траектории $\omega$. В частности, если $\omega = (\omega_n)$ стационарна (т. е. $\omega_n \equiv \omega_0$ при $n = 0, 1, \ldots, \infty$), то $\bar{\Phi}_i(\omega) = \Phi_i(\omega_0)$. Однако мало знать численную оценку траектории игроками. Необходимо также сформулировать условия предпочтения игроками именно этой траектории, исследуя подробнее вопрос о том, в какой степени игроки могут влиять на выбор конкретной траектории $\omega$. Предварительно заметим, что игроки, формируя динамику, на каждом шаге определяют, в какое из допустимых для них состояний они хотят перевести систему. При этом игрокам заранее неизвестно, куда собирается пойти противник, а значит — неизвестна будущая реализация траектории и средние значения выигрыша. Это обстоятельство привносит вероятностные аспекты в игровую ситуацию, которые мы формализуем следующим образом. Игрок $P_i$, не зная точного поведения противника, выделяет для каждого состояния $z \in Z$ некоторую совокупность достижимых из $z$ состояний $z_i$ ($p_j z_i = p_j z$, $j \neq i$), в которые, по его мнению, «выгодно» перевести систему, если траектория игры $\omega$ оказалась на некотором

шаге в точке $z$. Вид множества выбираемых состояний задает степень влияния игроков на формирование динамики и позволяет формализовать понятие их динамических стратегий. Меняя по тем или иным причинам спектр «выгодных» состояний, игрок тем самым меняет динамику системы (избирает новую стратегию). Как оценить, насколько выгодна такая линия поведения игроку? Для этого заметим, что ограничения, накладываемые игроками, допускают в общем случае ряд траекторий, проходящих в пределах «выгодных» для них состояний. Если выделить из этих траекторий «типичную» и вычислить соответствующие средние значения функций выигрыша, то можно получить оценку примененной игроками стратегии. Эти средние характеризуют целый набор траекторий, допускаемых примененными стратегиями, и позволяют сделать вывод о целесообразности динамического поведения по сравнению со статическим. Понятие игрового равновесия при таком подходе является естественным обобщением динамического равновесия. Именно точка $z^* \in Z$ является равновесной, если для любой допустимой траектории $\omega$, содержащей $z^*$, выполнено: $\Phi_i(z^*) \geqslant \overline{\Phi}_i(\omega)$ для всех $i$, $n$, таких, что $p_i\omega_{n+1} \neq p_i\omega_n$, $\omega_n = z^*$. Это соотношение показывает, что игроку $P_i$ невыгодно уходить из точки $z^*$, так как при этом его суммарный выигрыш понижается. В результате траектория остается в точке $z^*$, которая оказывается положением равновесия этой специфической динамической системы. Естественно, на траектории $\omega$ таких точек может быть несколько, а может и не быть совсем. В последнем случае при неизменных стратегиях игроков в системе будет реализовываться динамический режим до тех пор, пока игроки не придут к компромиссу путем прямого соглашения (или применят новые динамические стратегии). Возможность компромисса нарушает бескоалиционный характер игры и переводит ее в другой класс — кооперативных игр, которые мы рассматривать не будем.

Опишем подробнее вышеизложенный подход, используя математические методы символической динамики [1, 2]. Для простоты изложения ограничимся только случаем биматричных игр [10]. Заметим, однако, что предлагаемый подход применим и для других классов игр.

## ДИНАМИЧЕСКОЕ РАССМОТРЕНИЕ ИГРОВЫХ ЗАДАЧ

В данной части статьи мы систематизируем результаты, изложенные выше, и приведем определение игровой динамической системы и равновесия в ней, обобщающее конструкции традиционной теории игр. При этом мы не будем основываться на обычном описании бескоалиционной игры, а изложим результаты в терминологии математической теории систем. Ограничимся случаем двух игроков.

Пусть мы имеем два объекта (игрока), взаимодействующие друг с другом. Будем считать, что каждый объект можно описать, задав характерный набор переменных, формирующих пространство состояний объекта. Обозначим эти пространства через $X$ и $Y$ Состояние каждого объекта задается точкой в соответствующем пространстве. Взаимодействие между объектами (игра) приводит к тому, что у всей системы (пары объектов) появляется единое пространство состояний $Z$. Предполагается, что в результате взаимодействия игроки не теряют своей индивидуальности. Математически это выражается в том, что $Z$ оказывается подпространством прямого произведения пространств $X$ и $Y$, а взаимодействующие объекты характеризуются проекционными операторами $p_1$ и $p_2$, которые позволяют каждой точке $z \in Z$ сопоставить пару точек $(p_1z,\ p_2z)$ из соответствующих пространств состояний игроков: $p_1z \in X$, $p_2z \in Y$ При этом оператор $p : Z \to X \times Y$, определяемый как $pz = (p_1z,\ p_2z)$, является инъекцией $Z$ в $X \times Y$ Заметим далее, что величины, характеризующие состояние игроков, предполагаются наблюдаемыми [6], т. е. существует объективный процесс (прибор), позволяющий сопоставить любому $x \in X$ или $y \in Y$ набор чисел, соответствующий значению тех физических величин, которые определяют состояние игрока.

Другой величиной, характеризующей результат взаимодействия игроков, является пара вещественных функций $\Phi_i$ $(i = 1, 2)$, определяющих выигрыши игроков в состоянии $z \in Z$ $(\Phi_i \quad Z \to R^1)$. Значения функций $\Phi_i$ в разных точках $Z$ позволяют игрокам оценить выигрыши при нахождении системы в этих состояниях. Стремясь занять более выгодные состояния, игроки формируют динамические свойства системы. Однако полностью эти свойства не могут быть определены только на основе вида функций $\Phi_i$. Это связано со следующим обстоятель-

ством. Каждый из игроков, максимизируя свою функцию $\Phi_i$, будет стремиться выбрать такое состояние в своем пространстве, чтобы результирующее состояние $\bar{z}$ всей системы удовлетворяло условию $\Phi_i(\bar{z}) = \max_z \Phi_i(z)$. Однако, как правило, точек, в которых это соотношение выполняется для обоих игроков одновременно, в $Z$ нет (в силу несовпадения интересов), и необходимо искать какие-то новые принципы, которые позволят игрокам принять некоторую точку $z^*$ в качестве равновесной. К сожалению, как это отмечалось ранее, универсальных принципов такого рода не существует, и вместо ситуации равновесия в системе возникает динамическое поведение. Для его описания следовало бы рассмотреть некоторую динамическую систему $(Z, U)$ и изучить ее возможные траектории. Однако, учитывая то обстоятельство, что динамический оператор $U$ этой системы неизвестен и вряд ли может быть найден исходя из принципиальных соображений, мы используем другой прием.

Рассмотрим множество $\Sigma^+$ всех бесконечных последовательностей с элементами из $Z$, а точнее (в силу бескоалиционности игры), множество $\Sigma_a^+ \subset \Sigma^+$ (см. второй раздел статьи). Свяжем теперь с пространством $Z$ квадратную матрицу $\Pi$ размером $m \times m$ (где $m$ равно числу точек в множестве $Z$). Элементами матрицы $\Pi$ являются либо нули, либо единицы. В силу совпадения числа строк матрицы с мощностью множества $Z$ занумеруем строки и столбцы матрицы с помощью элементов из $Z$. Придадим $\Pi$ следующий смысл: если элемент матрицы $\pi_{zz'} = 1$, то это означает, что в системе возможен переход из состояния $z$ в состояние $z'$; если же $\pi_{zz'} = 0$, то такой переход запрещен. Далее, сопоставим матрице $\Pi$ две матрицы — $\Pi_1$, $\Pi_2$ — с элементами $\pi^i_{zz'}$, такими, что $\pi^i_{zz'} = 1$, если $p_i z = p_i z'$, а $p_j z \neq p_j z'$ $(j \neq i)$; $\pi^i_{zz'} = \pi_{zz'}$, если $p_j z = p_j z'$ $(j \neq i)$. Из этого определения следует, что произвольный элемент матрицы $\Pi$ выражается в виде произведения соответствующих элементов матриц $\Pi_1$ и $\Pi_2$ $\pi_{zz'} = \pi^1_{zz'} \pi^2_{zz'}$. В этом случае будем писать, что матрица $\Pi = \Pi_1 \circ \Pi_2$. Матрицы $\Pi_1$, $\Pi_2$ назовем динамическими стратегиями игроков, а матрицу $\Pi$ — динамической стратегией игры. Выбор стратегии $\Pi_i$ означает, что если переход системы из состояния $z$ в $z'$ определяется игроком $P_i$ (т. е. $p_i z \neq p_i z'$, а $p_j z = p_j z'$ при $j \neq i$), то он может положить этот элемент равным

0 или 1 и тем самым запретить или разрешить переход $z \to z'$ в игре. Таким образом, если игроки фиксируют свои динамические стратегии $\Pi_1$, $\Pi_2$, то система может иметь только те траектории, которые допускаются матрицей $\Pi = \Pi_1 \circ \Pi_2$. Класс возможных в этом случае траекторий описывается на основе методов символической динамики [1, 2]. Прежде чем излагать дальнейшее описание предлагаемого подхода, приведем схематично ряд конструкций, используемых в символической динамике. Для этого перейдем от фазового пространства системы $Z$ к пространству последовательностей $\Sigma_a^+$, а вместо динамического оператора $U: Z \to Z$ будем изучать оператор сдвига влево по траектории $\omega \in \Sigma_a^+$. Обозначим его через $\sigma$ ($\sigma : \omega = (\omega_k) \to \omega' = (\omega_k')$). Последовательность $\omega'$ получается при этом сдвигом последовательности $\omega$ влево: $\omega_k' = \omega_{k+1}$, $k = 0, 1, . . ., \infty$. Назовем теперь пару $(\Lambda, \sigma)$ символической динамической системой (полукаскадом), если $\Lambda$ — инвариантное относительно $\sigma$ подмножество пространства $\Sigma_a^+ : \sigma\Lambda \subset \Lambda$. Требуемые для рассмотрения игровой ситуации символические системы образуют специальный класс среди общих динамических систем и соответствуют так называемым топологическим марковским цепям (сокращенно ТМЦ).

Топологическая марковская цепь с матрицей переходов $\Pi$ — это такая символическая динамическая система $(\Sigma_\Pi^+, \sigma)$, для которой $\Sigma_\Pi^+ = \{\omega : \omega \in \Sigma_a^+,\ \pi_{\omega_k \omega_{k+1}} = 1,\ k = 0, 1, \ldots, \infty\}$. Элементы фазового пространства $Z$, которому принадлежат члены последовательности $(\omega_k)_0^\infty$, называются состояниями ТМЦ.

Приведем соображения в пользу применения топологических марковских цепей при рассмотрении игровых задач. Выше уже отмечалось, что попытка использовать наряду с чистыми также и динамические стратегии приводит к необходимости учета следующих обстоятельств. Во-первых, предлагаемая игроком динамическая стратегия должна быть осуществимой: игрок до начала игры обязан иметь в своем распоряжении возможность сформулировать и реализовать эту стратегию независимо от деталей поведения противника. Во-вторых, необходимо, чтобы игроки могли оценить свои функции выигрыша на применяемых ими динамических стратегиях. Системы типа ТМЦ удовлетворяют обоим условиям. Действитель-

но, задание динамической стратегии игроком просто означает выбор определенного вида матрицы $\Pi_i$. При этом любая пара стратегий $\Pi_1, \Pi_2$ порождает ТМЦ с матрицей переходов $\Pi = \Pi_1 \circ \Pi_2$. Оценкой функций выигрыша игроков для фиксированной траектории $\omega \in \Sigma_\Pi^+$ является при этом выражение

$$\overline{\Phi}_i(\omega) = \lim_{N\to\infty} 1/N \sum_{k=0}^{N-1} \Phi_i(\omega_k) = \lim_{N\to\infty} 1/N \sum_{k=0}^{N-1} \varphi_i(\sigma^k\omega),$$

где $\varphi_i(\omega) \equiv \Phi_i(\omega_0)$, а $\sigma^k$ — это $k$-я степень отображения $\sigma$. Оказывается [1], что для любых $\Pi_1, \Pi_2$ существует такая эргодическая инвариантная мера $\mu$ на $\Sigma_\Pi^+$, что почти для всех (по мере $\mu$) $\omega$ величина $\overline{\Phi}_i(\omega)$ существует, не зависит от $\omega$ и равна $\Phi_i(\Pi) = \int \varphi_i(\omega')\, d\mu(\omega')$. То обстоятельство, что $\overline{\Phi}_i(\omega)$ на самом деле от $\omega$ не зависит (с точностью до множества меры нуль), позволяет ввести значения функций выигрыша для динамической стратегии игры $\Pi$ (исхода игры в классической терминологии). Эта величина обозначена нами через $\Phi_i(\Pi)$. Таким образом, динамическое поведение игроков можно трактовать как переход игровой системы в пространстве $Z$ из одного состояния в другое за счет изменения состояний игроков, которые задаются их динамическими стратегиями $\Pi_i$. Значения функций выигрыша для получаемого исхода игры определяются при этом посредством усреднения статических функций выигрыша с помощью некоторой меры $\mu$, однозначно вычисляемой по матрице переходов всей системы. Отмеченные свойства позволяют ввести следующее определение.

**Определение 1.** [5]. Игровой динамической системой с двумя игроками называется тройка $(Z, (\Pi_i, p_i), (\Phi_i))$, в которой $Z$ — пространство состояний системы с конечным числом элементов; $p_i$ — проекционные операторы, сопоставляющие каждой точке $z \in Z$ величины, характеризующие состояние игрока $P_i$; $\Pi_i$ — динамическая стратегия игрока $P_i$, а $\Phi_i : Z \mapsto R^1$ — его функция выигрыша.

Всюду в этом определении мы считаем, что индекс $i$ принимает только два значения ($i = 1, 2$).

Как показывает выявленная выше связь динамической и статической игры, конструкциям динамической игровой системы, таким, как фазовое пространство, проекционные операторы, функция выигрыша, отвечают некоторые эле-

менты статической игры. Отличие подходов проявляется во введении динамических стратегий $\Pi_i$. Конечно, можно считать, что введение $\Pi_i$ является просто некоторым расширением исходного множества стратегий, учитывающим наличие многократного проигрывания статической игры. В принципе это допустимо, но нужно учитывать следующее. Во-первых, задание матриц $\Pi_i$ совсем не эквивалентно заданию определенной траектории в $Z$. Матрицы $\Pi_i$, как это уже отмечалось, допускают очень много траекторий (в общем случае бесконечное число), которые формируют множество $\Sigma_{\Pi}^{+}$. Во-вторых, введенная для оценки динамических стратегий средняя функция выигрыша $\Phi_i(\Pi)$ не соответствует функции выигрыша, которую следовало бы сопоставить траектории $\omega$ при рассмотрении многократно повторяющейся игры. Соответствующая функция равнялась бы $\sum_{k=0}^{\infty} \Phi_i(\omega_k)$, т. е. в общем случае обращалась бы в бесконечность, так как величины $\Phi_i(\omega_k)$ при больших номерах $k$ вовсе не являются бесконечно малыми. В связи с этим представляет интерес подробнее проанализировать смысл динамических стратегий $\Pi_i$ и средних функций выигрыша $\Phi_i(\Pi)$. В связи с этим заметим, что, формируя $\Pi_i$, игрок ориентируется на свои локальные интересы, которые зачастую не увязываются с глобальными (выгодностью для него всей траектории). Глобальные интересы, в свою очередь, лишь косвенно корректируют принципы его локального поведения, так как вопрос о выборе такой матрицы $\Pi_i$, которая приводила бы к наилучшему для игрока значению $\Phi_i(\Pi)$, является очень сложным. Формализуя локальное поведение в виде $\Pi_i$, игрок выявляет основные приоритеты, которыми он руководствуется в игре, и тем самым вносит в нее элементы своего интуитивного представления об игровом процессе. Отметим, что математическая теория игр, ограничиваясь при описании задач только пространством $S$ и функциями выигрыша $F_i$, всегда предполагала наличие у игроков принципов некоторого «разумного» поведения, которые и позволяли отобрать ту или иную точку из $S$ в качестве приемлемой (или равновесной). Однако в реальных случаях игроки действуют далеко не рационально (с точки зрения какого-то «разумного» критерия), а отслеживают известную только им линию, придерживаются свойственных им убеждений, проявляют

определенный консерватизм в одном и гибкость в другом. Возникающие при этом типы поведения совсем не легко выразить на языке функций выигрыша (т. е. в числовом выражении). Проще выражать их в порядковых шкалах, что фактически и делается при выборе матриц $\Pi_i$. Действительно, элемент матрицы $\pi^i_{zz'}$ равен единице, если игрок считает выгодным для себя переход $z \to z'$, и равняется нулю, если он считает его неприемлемым. На языке бинарных отношений это означает, что игрок $P_i$ в первом случае считает $z'$ предпочтительнее $z$, а во втором — наоборот. Если же для нескольких $z'_j$ выполнено $\pi^i_{zz'_j} = 1$, то все эти $z'_j$ для игрока эквивалентны, хотя совсем не обязательно, чтобы значения $\Phi_i$ на всех $z'_j$ совпадали. При этом если игрок допускает несколько эквивалентных для него переходов, то у системы возникает ряд различающихся траекторий. Таким образом, введение динамических стратегий позволяет полнее учесть индивидуальность игроков, а не навязывать им искусственный образ «разумного» поведения.

Рассмотрим, наконец, роль $\Phi_i$ (П) в теории. Для этого вспомним, что они строились как пределы по $N$ функций $\Phi_i{}^N(\omega) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} \Phi_i(\omega_k)$. Выражение $\sum_{k=0}^{N-1} \Phi_i(\omega_k)$ дает суммарный выигрыш игрока $P_i$ на $N$ шагах игры в случае, когда выбор стратегий обоими игроками приводит к реализации части траектории $(\omega_0\, \omega_1, \ldots, \omega_{N-1})$. Сравним это выражение с выигрышем $i$-го игрока в ситуации $z^*$, которую можно рассматривать как траекторию $\omega^*$ системы, содержащую единственную точку $z^* : \omega^*_k \equiv z^*$. Суммарный выигрыш на $N$ шагах для такой траектории выражается в виде $\sum_{k=0}^{N-1} \Phi_i(\omega_k) = N\Phi_i(z^*)$. Сравнение значений сумм для двух траекторий $\omega$ и $\omega^*$ показывает, что выигрыш игрока $P_i$ на $\omega^*$ больше, чем на $\omega$ тогда, когда $\Phi_i(z^*) > \Phi_i^N(\omega)$. При этом, очевидно, если $\omega = \omega^*$, то $\overline{\Phi}_i(\omega^*) = \Phi_i(z^*)$. В результате выражения для средних функций выигрыша позволяют сравнить динамическое поведение со статическим и выявить динамические точки равновесия. Естественно поэтому ввести следующее определение.

**Определение 2** [5]. Точка $z^* \in Z$ называется точкой равновесия динамической игровой системы $(Z, (\Pi_i, p_i),$

$(\Phi_i)$), если: а) она принадлежит пространству состояний неразложимой подцепи ТМЦ $(\Sigma^{+}_{\Pi_1 \circ \Pi_2}, \sigma)$, определяющей меру максимальной энтропии [I] для этой цепи; б) для любых $z$, $i$, таких, что $z \neq z^*$, $\pi^{i'}_{z^* z} = 1$, $p_i z^* \neq p_i z$ выполнено условие: $\Phi_i(z^*) \geqslant \Phi_i(\Pi_1 \circ \Pi_2)$.

Смысл введенного определения заключается в том, что игроки прекращают в силу условия б) изменение своих состояний в тех точках траектории, в которых локальный выигрыш больше, чем средний. Возникающие при этом ситуации аналогичны равновесиям в обычном (динамическом) смысле. Под решением игры теперь следует понимать нахождение всех точек равновесия соответствующей динамической системы. Отметим, что принятое в теории бескоалиционных игр понятие равновесия, по Нэшу, содержится в нашем определении и присуще системам со специальным выбором динамических стратегий игроков.

В заключение этого раздела приведем для иллюстрации динамическое решение для игры, сформулированной в первом разделе и известной под названием «дилемма заключенного». Для этого рассмотрим динамическую игровую систему с пространством состояний $Z = \{\alpha, \beta, \gamma, \delta\}$ и функциями выигрыша $\Phi_i = F_i$. Будем считать, что применяемые игроками динамические стратегии задаются матрицами с элементами $\pi^i_{\alpha\delta} = \pi^i_{\beta\gamma} = \pi^i_{\gamma\beta} = \pi^i_{\delta\alpha} = 0$ и остальными элементами, равными единице. Оказывается, что мера максимальной энтропии, определяющая средние значения функций выигрыша, соответствует в этом случае равномерному распределению на $Z$, а $\Phi_i(\Pi) = 4{,}5$. Тогда единственной точкой равновесия для данной системы является точка $\alpha$ (причем $\Phi_i(\alpha) = 5$). Она и дает решение этой игры. Напомним, что в статическом случае точкой равновесия является элемент $\delta \in Z$, на котором $\Phi_i(\delta) = 2$. Эту точку тоже можно сделать рвновесной, но уже для другой динамической игровой системы (для этого необходимо изменить матрицы $\Pi_i$, т. е. тип поведения игроков, оставив неизменеными как фазовое пространство $Z$, так и функции выигрыша $\Phi_i$).

* * *

В статье был сформулирован подход к игровым задачам на основе математической теории динамических систем. Основным моментом в этом подходе явилось введение динамических стратегий игроков, которые порождают системы типа топологических марковских цепей с конечным пространством состояний $Z$. Пространство состояний обычно найти легко, но как сформировать динамические стратегии $\Pi_i$? Очевидно, игрок должен выбирать их на основе своего интуитивного понимания игры, т.е. принципов, которые весьма субъективны. Выбор матриц, начинаясь на субъективном уровне, приводит к конкретному исходу игры и выражается уже в объективных терминах, определяя размер выигрыша игрока. В связи с этим возникает вопрос о некотором «оптимальном» (или «рациональном») их выборе. Для этого каждый игрок должен уметь оценивать приемлемость всего множества допустимых динамических стратегий. В результате игроки могут сформировать новое пространство состояний $Z_I = \{(\Pi_1, \Pi_2)\}$ и ввести на нем аналогичным образом динамические стратегии второго порядка [5]. Траектории, отвечающие этим стратегиям, будут проходить через элементы из $Z_I$ (т. е. находиться в допустимом множестве динамических стратегий); в результате возникает некоторое вероятностное распределение на $Z_I$, определяемое в соответствии с ранее изложенным методом. Это распределение порождает соответствующее распределение на $Z$ и дает возможность оценить средние значения функций выигрыша, но уже для динамических стратегий второго порядка. Отметим, что стратегии второго порядка более сложны, чем исходные динамические стратегии, и применять их имеет смысл, если известна последовательность динамических стратегий противника. Если же эта последовательность неизвестна, то вместо стратегий второго порядка разумно использовать смешанные стратегии, но уже не на $Z$, а на $Z_I$. В отличие от $Z$ множество $Z_I$ представимо в виде прямого произведения $X_I \times Y_I$ (где $X_I$ и $Y_I$ — пространства исходных динамических стратегий игроков), так что введение смешанных стратегий на $Z_I$ корректно. Такая динамическая игровая система будет иметь точку равновесия в смешанных стратегиях, которые уже можно в некотором смысле назвать «оптимальными».

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Алексеев В. М.* Символическая динамика: Одиннадцатая мат. школа. Киев: Ин-т. математики АН УССР, 1976. 212 с.
2. *Алексеев В. М., Якобсон М. В.* Символическая динамика и гиперболические динамические системы.— В кн.: Боуэн Р. Методы символической динамики. М.: Мир, 1979, с. 196—240.
3. *Воробьев Н. Н.* Теория игр: Лекции для экономистов-кибернетиков. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 160 с.
4. *Гермейер Ю. Б.* Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1976. 328 с.
5. *Левченков В. С.* Динамический подход в теории игр.— В кн.: Динамические игровые системы. М.: ВНИИСИ, 1981, с. 22—37.
6. *Левченков В. С., Пропой А. И.* Об общей теории систем: Препринт ВНИИСИ. М., 1978. 66 с.
7. *Льюс Р. Д., Райфа Х.* Игры и решения. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 642 с.
8. *Немыцкий В. В., Степанов В. В.* Качественная теория дифференциальных уравнений. М.; Л.: Гостехиздат, 1949. 220 с.
9. *Нейман Дж., Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 708 с.
10. *Оуэн Г.* Теория игр. М.: Мир, 1971. 230 с.

# МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ И ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ

И. А. ЕВИН, А. И. ЯБЛОНСКИЙ

## УСТОЙЧИВОСТЬ И РАЗВИТИЕ

1. *Характеристики процесса развития.* Целью настоящей работы является анализ возможностей моделирования процесса развития (построения моделей развития) на основе использования ряда результатов, полученных за последние годы в теории динамических систем и в неравновесной термодинамике.

Прежде всего рассмотрим основные характеристики процесса развития, подлежащие формализации. Основной особенностью, отличающей развитие от других динамических процессов, например от процесса роста, является качественное изменение во времени переменных, характеризующих состояние развивающейся системы (для процесса роста обычно говорят лишь о количественном изменении этих переменных), причем это качественное изменение носит скачкообразный характер. Именно постепенное и монотонное изменение некоторого параметра в течение заметного времени сопровождается соответствующим постепенным изменением состояния системы, но в определенный момент происходит разрыв постепенности: состояние системы меняется скачком, система переходит на новый качественный уровень, количество переходит в качество. Затем все повторяется заново, но уже на повом качественном уровне. Иными словами, процесс развития можно представить как последовательность циклов постепенного изменения переменной состояния со скачкообразным переходом состояния в конце цикла на новый уровень, означающий начало нового цикла развития. В качестве примера такого представления о развитии можно привести процесс смены общественных формаций, когда постепенное совершенствование производительных сил (в результате научно-технического или социального прогресса) приводит к скачкообразному изменению производственных отношений, знаменующему смену общественных формаций.

Считаем необходимым отметить при этом конвергирующий характер процесса стабилизации на «спокойном» этапе цикла развития и дивергенцию параметров состояния на «революционном» этапе скачкообразного перехода.

Дело в том, что «спокойный» этап развития характеризуется наличием соответствующих механизмов, стабилизирующих данное состояние системы и ликвидирующих любое отклонение от него (возвращающих систему к этому состоянию). С течением времени эти механизмы ослабляются из-за количественного роста соответствующих параметров среды и (или) системы, в силу чего они уже не могут осуществлять стабилизацию системы. Наступает кризисное состояние. Новое вступает в противоречие со старым, и как разрешение этого противоречия происходит скачкообразный переход системы в новое состояние.

Дивергирующий характер кризисной стадии удобно проиллюстрировать на примере биологической эволюции видов. При наличии одного питательного субстрата биологические виды конвергируют к одному, способному наиболее эффективно использовать данный субстрат для своего размножения,— это «спокойная» стадия развития. При исчерпании данного субстрата резко возрастает разнообразие биологических видов, дивергенция видов, направленная на поиски новых питательных субстратов,— это кризисная ситуация, которая протекает достаточно быстро путем перехода к новому виду, сумевшему наиболее быстро приспособиться к изменившейся ситуации путем наиболее эффективного использования новых источников питания.

Аналогичную ситуацию можно проследить и на примере развития науки. Наука развивается в рамках данной парадигмы, «подавляющей» другие научные объяснения эмпирического материала (этап нормальной науки, по Т. Куну [13]) до тех пор, пока объяснительные возможности данной парадигмы не исчерпываются под давлением новых, подлежащих объяснению фактов (аномалий). В этот момент доверие ученых к парадигме ослабляется, резко возрастает количество новых, конкурирующих между собой теорий. Наступает дивергирующий этап, кризисная ситуация, которая проходит довольно быстро и заканчивается отбором наиболее эффективной новой теории, что означает переход к новой парадигме.

В качестве эмпирического подтверждения этой модели развития науки укажем, например, на наукометрические исследования У Гофманом и Г. Хармоном [45] процесса развития такой дисциплины, как символическая логика. Анализируя библиографию Чёрча с 1847 по 1932 г.,

авторы отмечают, что имеют место довольно устойчивые циклы примерно в 12,5 лет, в течение которых происходит одно или несколько открытий, представляющих особый интерес. Циклы разделяются весьма кратковременными неустойчивыми состояниями, сохраняющимися не более года. Эти скачкообразные этапы знаменуются работами фундаментального значения, к которым авторы относят работы Фреге, Рассела, Цермело, Гильберта, Гёделя. Эти работы вызывают «эпидемический» рост публикаций, переходящий в логисту по мере истощения творческого потенциала соответствующей «революционной» работы и перед появлением следующей работы такого ранга.

Следует отметить, что логистическое развитие является простейшим и в то же время неоднократно подтвержденным на эмпирическом материале описанием цикла развития системы, когда по мере истощения соответствующих ресурсов происходит переход с экспоненты на логисту, возникает неустойчивость системы и переход в качественно новое состояние. Об этом говорит, например, Холтон [37], отмечая в своей логистической модели «эскалации знания», что кризисная ситуация означает состояние насыщения, т. е. исчерпания технологических возможностей данного научного открытия. Характеризуя в качественном плане неустойчивость состояния насыщения при переходе в новое состояние, Д. Прайс отмечает, что в «точке перегиба» логистическая кривая роста «начинает скакать и вертеться... испытывает резкие колебания... установившаяся кривая лежит на новой ветви» [22, с. 304].

Интересно отметить аналогию этого процесса с рассмотренным выше прохождением эволюции и дифференциации биологических видов через дивергентную стадию, «когда запасы естественных для данного вида субстратов исчерпываются, а концентрации потенциально возможных, но в данный момент непотребляемых субстратов возрастают... Такой путь развития — увеличение числа определенных видов через «стадии неопределенности» — характерен для эволюции» [25, с. 94). (О математическом анализе неустойчивости в период насыщения системы в применении к биоценозам см., например, в [1]).

Добавим, что отмечаемый тип поведения системы на этапе скачкообразного перехода представляет собой общесистемную закономерность. Например, для экономических

систем отмечается, что «общим условием, определяющим возможность возникновения непредсказуемой информации, является нарушение равновесия внутри звена или между звеном иерархической системы и внешней средой, выходящее за рамки предусмотренных допусков и превышающее мощности стабилизирующих систем» [20, с 87]. В социологии также отмечается наличие «социальной дезорганизации», «временного разрушения согласия» и пр. в период перехода к более прогрессивным групповым нормам: «социальное изменение почти постоянно включает в себя некоторое ослабление социального контроля» [33, с. 468]. В статьях Ю. Н. Тынянова по литературной эволюции [29] рассматривается понятие «конструктивного принципа» как принципа организации литературного материала на данном этапе, причем этот принцип «вырисовывается на основе „случайных" результатов и „случайных" выпадов, ошибок» [29, с. 263] и закрепляется, сменяя старый, уже успевший «автоматизироваться» (термин Ю. Н. Тынянова) принцип.

Таким образом, данные особенности процесса развития, прослеженные на столь различных примерах, представляются достаточно общими. Осталось выделить главное в процессе развития — то, что определяет этот процесс и может быть положено в основу его математической формализации. На наш взгляд, этой основой является возникновение (при изменении параметров) неустойчивости как фактора дальнейшего развития, а точнее говоря, наличие сложной связи между явлениями устойчивости и неустойчивости, одинаково необходимыми для процесса развития сложных систем. Разумеется, наличие «спокойного» этапа и скачкообразного перехода, конвергенции и дивергенции переменных для развивающихся систем — важные составляющие процесса развития, и они должны быть отражены в моделях развития, играя важную эвристическую роль в построении этих моделей. Но они представляют собой внешние проявления внутренних, основных механизмов развития, связанных в первую очередь именно с сочетанием устойчивости и неустойчивости развивающейся системы.

И это понятно. Развитие — это прежде всего необратимое изменение. Поэтому «слишком» устойчивая, т. е. абсолютно устойчивая, или гиперустойчивая система к развитию не способна, ибо она подавляет любые отклонения от своего гиперустойчивого состояния и при любой

флуктуации возвращается в свое равновесное состояние. Для перехода в новое состояние система должна стать в какой-то момент неустойчивой[1]. Как отмечается в [6], «гиперустойчивость устраняет всякую возможность развития, необходимым условием которого всегда является неустойчивость по отношению к определенным изменениям» [6, с. 48]. Но перманентная неустойчивость — это другая крайность, которая так же вредна для системы, как и гиперустойчивость, ибо она исключает «память» системы, адаптивное закрепление полезных для выживания в данной среде характеристик системы, короче говоря, то структурно-устойчивое, что делает систему системой.

Поэтому на содержательном уровне функционирование развивающейся системы можно представить следующим образом. На «спокойном» этапе эволюции система устойчива, она конвергирует к одному состоянию и, ликвидируя любые отклонения от него, всегда возвращается в это состояние. Но со временем, в результате непрерывного изменения соответствующих параметров, устойчивость системы, ее сопротивляемость к «возмущениям» ослабляются. Наступает момент, когда устойчивая система превращается в неустойчивую, причем резко возрастает неподавляемое разнообразие «возмущений» (дивергенция разнообразия), нарушается закон необходимого разнообразия [38] и система в силу своей неустойчивости скачкообразно переходит в новое устойчивое состояние (или разрушается при неблагоприятной ситуации).

Таким образом, хотя имеют право на существование только устойчивые системы (неустойчивые сразу элиминируются), развиваются только те из существующих систем, которые способны (на время) становиться неустойчивыми под влиянием соответствующих факторов. Учитывая, что понятия устойчивости и неустойчивости имеют строгое математическое определение, а с другой стороны, являются определяющими для процесса развития, рассмотрим возможность использования этих представлений для построения математических моделей развития.

2. *Неустойчивость как фактор развития.* Будем рассматривать развивающуюся систему как динамическую систему и описывать ее функционирование соответствую-

---

[1] В частности, способность к развитию естественнонаучной теории означает ее открытость для критики, «опровержимость».

щей системой дифференциальных уравнений, представляющих изменение состояния системы (первую производную) как функцию от состояния системы и ее параметров (система автономная, т. е. время не входит в правую часть как независимая переменная):

$$\dot{x}_i = f_i(x_1,..., x_n; \lambda_1,..., \lambda_m) \quad i = 1,..., n \qquad (1)$$

В этой системе $x_i$ означает переменную состояния системы, известную также под именем фазовой переменной (фаза означает состояние системы), поведенческой переменной, внутренней переменной и т. д. Набор из $n$ переменных $\{x_i\}$, $i=1,...,n$ определяет состояние системы. Набор из $\{\lambda_j\}$, $j=1,...,m$ определяет параметры системы, известные под именем управляющих параметров, внешних параметров и др. Они отражают влияние определенных фиксированных факторов, например факторов среды, на функционирование системы. В качестве примера переменных состояния укажем на число индивидов в популяции для экологических систем, на общественно значимые социальные переменные типа числа людей данного возраста, данной профессии и др., на физико-химические переменные типа числа частиц в данном энергетическом состоянии, концентрации данного вещества и т. д. Соответственно переменным состояния определяются и влияющие на них управляющие, внешние параметры (например, ассигнования на развитие экономического потенциала, энергетический уровень и пр.).

Важным для динамической системы (1) является понятие стационарного состояния, т. е. состояния покоя, при котором фазовые переменные $\{x_i\}$, $i=1,...,n$ не зависят от времени, т. е. достаточное время не меняются (постоянны), ибо только в этом случае имеет смысл говорить о реальном существовании и изучении систем и структур (что, кстати, и имеет место, наблюдается в действительности) [2]. В силу этого определения стационарного состояния, фазовые переменные, ему соответствующие (называемые обычно особыми точками), определяют-

[2] Строго говоря, таковыми являются предельные состояния, в которые система приходит при $t \to \infty$, т. е. с формальной точки зрения недостижимые. Но при достаточно быстрых переходных процессах релаксации в большинстве реальных случаев этим можно пренебречь и считать систему практически всегда находящейся в стационарном состоянии.

ся путем приравнивания к нулю скорости изменения этих переменных, описываемой системой уравнений (1):

$$x_i = f_i(x_1,..., x_n;\ \lambda_1,..., \lambda_m) = 0, \quad i = 1,..., n,$$

и решения соответствующей системы алгебраических уравнений:

$$f_i(\{x_i\},\ \{\lambda_j\}) = 0, \quad i = 1,..., n \tag{2}$$

Если эта система уравнений линейна, то при детерминанте системы, не равном нулю, она имеет однозначное решение. При нелинейной системе (2) возникает, как правило, большее число решений системы, соответствующих различным стационарным состояниям. Из нелинейности (2), приводящей к множественности (неединственности) стационарных состояний (заметим, при фиксированных функциях $f_i$ и параметрах $\{\lambda_i\}$) вытекает представление о различном их характере в плане устойчивости или неустойчивости соответствующих состояний, столь существенное для современной теории динамических систем, а в рассматриваемом нами аспекте — для проблемы развития.

Устойчивость или неустойчивость данного состояния характеризует реакцию системы, находящейся в этом состоянии, на внешнее (вообще говоря, сколь угодно малое) отклонение состояния, вызванное целенаправленным воздействием или случайным возмущением (флуктуацией). Устойчивое состояние восстанавливается снова в результате действия системы, направленного на компенсацию возмущения, а неустойчивое сменяется новым, но уже устойчивым состоянием, в которое и переходит система в результате возмущения. Математическая теория устойчивости динамических систем была создана великим русским ученым А. М. Ляпуновым и развита затем во многом трудами советских ученых [16]. Этой теории посвящена огромная литература, укажем поэтому лишь на основные ее результаты, важные для дальнейшего изложения.

Известны два метода Ляпунова исследования устойчивости (см. подробнее, например, в [34]). В основе первого метода лежит разложение в ряд функции $f_i$ (см. (2)) в особой точке, соответствующей исследуемому стационарному состоянию, и ограничение линейным приближением этого разложения. Анализ корней соответствующего детерминанта линеаризованной системы (2), приравненного к нулю (т. е. характеристического — векового — уравне-

ния), позволяет установить устойчивость (или неустойчивость) исследуемого состояния в зависимости от знака действительной части этих корней. При наличии хотя бы одного чисто мнимого корня (т. е. с нулевой действительной частью) возникает так называемый критический случай, при котором критерий устойчивости не дает однозначного решения. Необходим анализ дальнейших приближений, т. е. членов вышеуказанного разложения $f_i$, более высокого порядка (нелинейных). Подчеркнем важность для дальнейшего изложения именно критических случаев, ибо только в таких ситуациях возможен скачкообразный переход системы (как мы увидим ниже) из устойчивого в неустойчивое состояние и наоборот.

По второму, или прямому, методу Ляпунова состояние является устойчивым, если в окрестности исследуемой на устойчивость особой точки можно найти знакоопределенную функцию (функцию Ляпунова) $V(x_1,..., x_n)$, эйлерова производная которой по времени

$$\dot{V}(x_1, \ldots x_n) = \frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial V}{\partial x_i} \dot{x}_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial V}{\partial x_i} f_i$$

является знакопостоянной функцией противоположного знака с $V(x_1,..., x_n)$ или тождественно равной нулю [16]. В противном случае данное состояние неустойчиво. Постоянство знака во всей окрестности особой точки является в данном случае принципиально важным. Так как общий метод нахождения функции Ляпунова отсутствует, то второй метод Ляпунова более ограничен, чем первый метод (метод линеаризации), хотя и более удобен, если функцию Ляпунова удается найти. В качестве таких функций обычно выступают различные квадратичные формы, энергия в механических системах или энтропия — в термодинамических. Первый метод Ляпунова является более универсальным, хотя и менее удобным, ибо требует анализа системы уравнений.

Заметим теперь, что до сих пор параметры системы $\{\lambda_j\}$ считались постоянными. Более общей является ситуация, когда эти параметры могут меняться: эта гипотеза гораздо естественнее, ибо, например, параметры среды, в которой функционирует система, уже не говоря о параметрах управления, в реальных ситуациях практически почти непрерывно меняются. В частности, при соответствующей вариации параметров функция Ляпунова или ее

производная могут менять знак, проходить через нуль, что соответствует рассмотренному выше критическому случаю, а сама перемена знака может, вообще говоря, приводить к неустойчивости системы. Рассмотрим поведение системы и ее устойчивость в данной ситуации, когда следует говорить уже не о фиксированных функциях $f_i$, а о семействе, включающем различные возможные значения параметров $\{\lambda_j\}$.

Ясно, что при изменении внешних параметров, хотя форма функций $f_i$ и не меняется, картина устойчивости будет меняться, ибо стационарные состояния (особые точки) являются функциями от параметров $\{\lambda_j\}$ и характер их устойчивости определяется конкретными значениями этих параметров. При этом особое значение приобретают такие значения параметров, при которых качественно меняются фазовый портрет системы, число стационарных состояний. Эти значения, изменяющие топологию системы, носят название критических точек, или точек ветвления, бифуркационных точек.

Возникает следующая картина, позволяющая описать процесс развития. Пусть система находится в данном стационарном состоянии. При направленном изменении параметров положение особой точки, соответствующей данному состоянию, изменяется, но устойчивость ее не меняется. При достижении параметрами в процессе изменения критических значений эта особая точка становится неустойчивой (превращается, например, из минимума соответствующего потенциала в точку перегиба). В этом случае дальнейшее сколь угодно малое изменение как параметров, так и особой точки приводит к направленному скачкообразному переходу системы в новое устойчивое состояние, после чего цикл повторяется (рис. 1).

Возможность изменения параметров системы $\{\lambda_j\}$ (а не только флуктуации особых точек при фиксированных переменных), приводящего к изменению правой части системы (2), т. е. функций $f_i$, позволяет развить понятие устойчивости и ввести понятие структурной устойчивости системы, означающее устойчивость структуры фазового портрета динамической системы по отношению к изменению параметров [34]. На границах между этими устойчивыми структурами возникают критические режимы (см., например, [18, 32]), соответствующие в определенном смысле критическим случаям первого и второго методов Ляпунова.

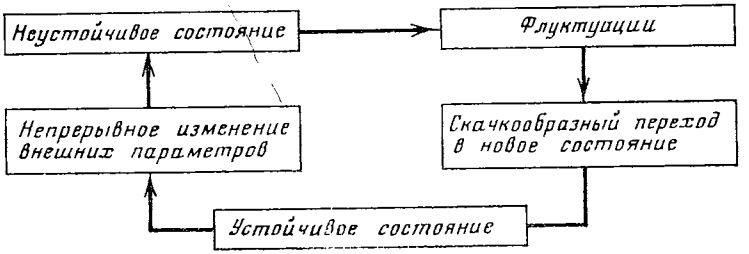



Рис. 1

При переходе через критические режимы (если параметры системы, достигнув критических значений, продолжают изменяться) меняется фазовая картина системы, число особых точек, что и приводит к скачкообразному переходу системы в новое, вообще говоря, качественно иное стационарное состояние. Учитывая, что в определенных ситуациях этот процесс может быть интерпретирован как процесс развития и что, с другой стороны, понятие структурной устойчивости (сменяемой неустойчивостью в критических случаях) лежит в основе теории катастроф, рассмотрим конкретно модели этой теории.

## МОДЕЛИ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

1. *Качественный анализ градиентных систем.* Теорию катастроф можно охарактеризовать как прикладной аспект теории особенностей гладких отображений, представляющий собой теорию устойчивости особых точек для динамических систем, поведение которых описывается гладкими, потенциальными функциями, определяющими правую часть системы (1). Если теория особенностей гладких отображений представляет собой активно развивающуюся в последнее время новую отрасль «чистой» математики, то теория катастроф возникла в качестве обобщения таких разделов прикладной математики, как теория устойчивости динамических систем, теория бифуркаций («ветвления» решений) и др., хотя и потребовала для своего обоснования развития таких разделов математики, как топология, коммутативная алгебра, теория функций действительного и комплексного переменного и др. Особенностью теории катастроф является исследование резкого, скачкообразного изменения состояния какой-либо системы при непрерывном изменении ее параметров, что и исполь-

зуется при моделировании соответствующих явлений.

Широкое приложение методов теории катастроф началось после выхода в свет книги одного из создателей этой теории — Рене Тома [53], где теория катастроф была применена для изучения морфогенеза (формообразования) в биологии. В дальнейшем методы теории катастроф использовались для моделирования скачкообразных процессов в физике (главным образом в механике и оптике), биофизике, психологии, общественных науках [28, 21], и число соответствующих работ продолжает расти. Учитывая, что скачок является одним из определяющих компонентов процесса развития, рассмотрим основные принципы теории катастроф в свете ее использования для моделирования этого процесса.

Если при определенном начальном условии и фиксированных значениях параметров набор решений системы дифференциальных уравнений (1) $\bar{x}(t) \equiv \{x_1(t),\ldots, x_n(t)\}$ рассматривать как точку в пространстве состояний, то $\bar{x}(t)$ будет описывать в этом пространстве конкретную фазовую траекторию. Совокупность фазовых траекторий системы, соответствующих различным начальным состояниям, определяет фазовый портрет системы. При фиксированных значениях параметров система имеет конкретный фазовый портрет, отражающий все качественные свойства ее поведения. Если параметры начнут непрерывно меняться, то, как уже отмечалось выше, качественная картина (структура) фазового портрета может оставаться неизменной лишь до некоторых критических (бифуркационных) значений этих параметров, по достижении которых наступает резкое изменение структуры фазового портрета и соответственно изменение поведения системы, вызываемое нарушением ее структурной устойчивости.

Теория катастроф и представляет собой теорию структурной устойчивости специального класса дифференциальных уравней с любым числом фазовых переменных, когда правая часть этих уравнений может быть представлена в виде градиентной системы, т. е. как движение в поле потенциальных сил с потенциалом $F(\bar{x}, \bar{\lambda})$:

$$\dot{x}_i = -\frac{\partial}{\partial x_i} F(\bar{x}, \bar{\lambda}), \quad i = 1, \ldots, n. \tag{3}$$

В том случае, когда число параметров не превышает четырех, оказалось возможным дать общую классификацию всех типов структурных неустойчивостей, получив-

ших название элементарных катастроф. При помощи классификационной теоремы Тома [20] доказано, что в этом случае существует лишь семь элементарных катастроф, независимо от числа фазовых переменных (это можно показать, например, методом разложения в ряд правой части (3) в особой точке вплоть до существенных нелинейных членов ряда; подробнее см. в [30]).

В настоящее время в подавляющем большинстве предлагаемых моделей используется лишь одна фазовая переменная. В этом случае число элементарных катастроф равно четырем — по одной на каждое число параметров, а любая система может рассматриваться как градиентная.

Простейшая элементарная катастрофа получила название «складка»; для нее потенциал $F$ в дифференциальном уравнении (3) имеет вид: $F(x, c) = x^3/3 - cx$. Катастрофа с двумя параметрами $a$ и $b$ имеет функцию $F(x, a, b) = x^4/4 - bx^2/2 - ax$ и называется «сборка». Именно она получила наиболее широкое распространение в приложениях. Согласно классификационной теореме любая гладкая функция имеет особенности только типа «складки» и «сборки».

Дифференциальное уравнение $\dot{x} = -\frac{\partial F}{\partial x} = -x^3 + bx + a$, соответствующее катастрофе «сборка», можно легко исследовать на устойчивость методами элементарной алгебры. Стационарные точки этого уравнения:

$$x^3 - bx - a = 0 \qquad (4)$$

имеют вид: $x_1 = A + B$; $x_{2,3} = -(A + B)/2 \pm i(A - B)\sqrt{3}/2$; где $A = \sqrt[3]{a/2 + \sqrt{Q}}$; $B = \sqrt[3]{a/2 - \sqrt{Q}}$; $Q = -(b/3)^3 + (a/2)^2$.

Существует три возможности для корней уравнения (4);

$Q > 0$ — один корень действительный, два других комплексносопряженные;

$Q = 0$ — все корни действительны, по крайней мере два из них равны;

$Q < 0$ — (в этом случае обязательно $b > 0$).
Все корни действительные и различные. Эти корни можно вычислить по следующим тригонометрическим формулам:

$$x_1 = 2\sqrt{b/2}\cos\alpha/3; \quad x_{2,3} = -2\sqrt{b/3}\cos(\alpha/3 \mp \pi/3);$$

$$\cos\alpha = a/2\sqrt{(b/3)^3}.$$

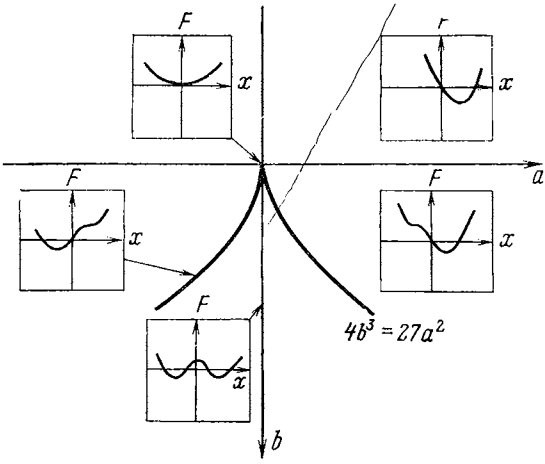

F
x
F
x
r
x
a
F
x
F
x
F
x
$4b^3 = 27a^2$
b

**Рис. 2**

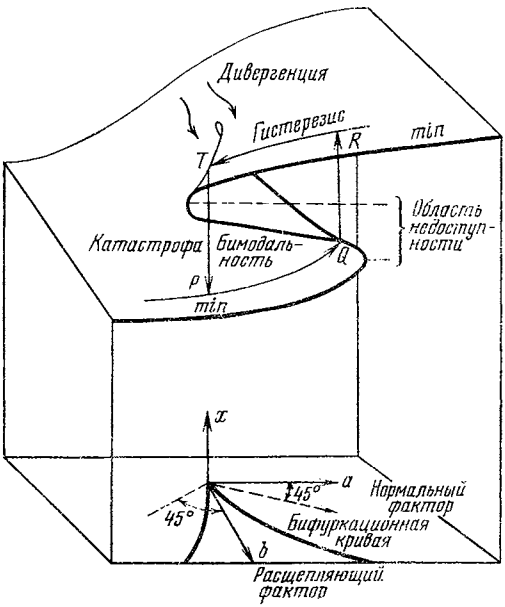

Дивергенция
Гистерезис
min
R
T
Область недоступности
Катастрофа
бимодальность
Q
p
min
x
a
45°
45°
Нормальный фактор
Бифуркационная кривая
b
Расщепляющий фактор

**Рис. 3**

Поведение потенциальной функции $F(x, a, b)$ для действительных $x$ в зависимости от параметров $a$ и $b$ показано на рис. 2.

Видно, что за пределами кривой $4b^3-27a^2=0$ (ее определение см., например, в [31]) функция имеет один минимум, а внутри этой кривой — два минимума и один максимум. Величины $x$, при которых функция принимает экстремальные значения, как раз и соответствуют корням уравнения (4). Устойчивые состояния соответствуют минимумам функции $F(x, a, b)$. Следовательно, кривая $Q=0$ разделяет области, где имеются одно и два устойчивых стационарных состояния. Поэтому кривая $4b^3-27a^2=0$ (т. е. $4b^3=27a^2$; $b=\sqrt[3]{27/4}\,a^{2/3}$) называется бифуркационной кривой, разветвляющейся в точке $a=b=0$.

Отложив в трехмерном пространстве по вертикальной оси положения $x$ действительных стационарных точек, а по двум другим осям — значения параметров $a$ и $b$, получим картину, изображенную на рис. 3.

В точках поверхности, где имеется вертикальная касательная, через образование точки перегиба происходит слияние двух стационарных режимов, соответствующих минимуму и максимуму $F(x, a, b)$. Их проекции на плоскость параметров $a$, $b$ дают бифуркационную кривую.

Катастрофа «сборка» имеет пять качественных особенностей, которые широко используются при моделировании различных явлений.

1) Бимодальность. В области, лежащей внутри бифуркационной кривой, система при одних и тех же значениях параметров может находиться в двух разных состояниях (либо в одном, либо в другом).

2) Область недоступности. На оси состояний $x$ существует область, внутри которой система не может находиться ни при каких значениях параметров внутри бифуркационной области.

3) Катастрофа (резкий скачок). При непрерывном изменении параметров возможен резкий переход из одного состояния в другое.

4) Гистерезис. Резкое изменение в поведении зависит от предыстории процесса. Например, если состояние системы непрерывно изменяется вдоль кривой $PQ$, то скачок с нижнего листа на верхний произойдет из точки $Q$ в точку $P$. Если же состояние изменяется по кривой $RT$,

то скачок на нижний лист произойдет не в точке $R$, а в точке $T$.

5) Дивергенция. Две системы, мало отличающиеся по поведению вначале, при одинаковом характере изменения параметров могут оказаться в результате неустойчивости системы в состояниях, очень сильно отличающихся по поведению.

Параметр $a$ получил название нормального фактора, параметр $b$ — расщепляющего фактора. Последний называется так потому, что при $b>0$ поверхность поведения расщепляется на два листа. Оси $(\alpha, \beta)$, повернутые к осям $(a, b)$ на 45° в плоскости параметров, называются конфликтными (пунктир на рис. 3). Их выбор иногда оказывается удобнее при изучении некоторых моделей поведения.

Содержательный смысл эти факторы (параметры системы) приобретают при описании катастрофой «сборка» соответствующего конкретного процесса. Поэтому, наряду с определением фазовой переменной $x$, одной из главных проблем при построении такого описания (модели) является именно выделение пары основных факторов $a$, $b$, изменение которых определяет скачкообразные переходы в данном процессе. В частности, при использовании катастрофы «сборка» для моделирования фазового перехода жидкость — газ катастрофическим скачкам соответствуют конденсация и парообразование, а области бимодальности — область метастабильных состояний. Давление и температура являются конфликтными факторами, а в качестве фазовой переменной выступает плотность или объем. Уравнению состояния соответствует уравнение Ван-дер Ваальса, которое путем соответствующей замены переменных преобразуется в уравнение для «сборки» [21] [3].

Катастрофа «сборка» наиболее широко распространена при построении конкретных моделей теории катастроф, описывая самые разнообразные процессы вплоть до моделирования процесса смены общественных формаций [54]. Она достаточно проста, наглядна и удовлетворяет

---

[3] Отметим интересные попытки использования самих фазовых переходов как кооперативных процессов для моделирования социальных явлений, например процесса формирования общественного мнения (использование термодинамической модели в [52] и модели Изинга в [30]).

естественным представлениям о скачкообразном переходе как результате взаимодействия (в простейшем случае) именно двух, как правило противоречивых, факторов. Рассмотрим поэтому катастрофу «сборка» как пример применения теории катастроф при построении (в качественном плане) некоторых простейших моделей социально-экономического и научно-технического развития.

2. *Моделирование техноэкономических процессов.* В процессах, которые изучало естествознание до последнего времени, преобладали количественные закономерности, и в связи с этим качественные методы считались чем-то второстепенным в отношении количественного описания. В настоящее время объектами математического описания становятся сложные развивающиеся системы, в которых качественные закономерности являются более существенными, чем количественные, в связи с чем качественные математические методы приобретают все большее значение. В работе [31] эта мысль поясняется следующим примером: «Было бы тщетно пытаться предсказать точное количество листьев, которые появятся на дереве; гораздо важнее различать, скажем, дуб и ясень по их качественным, структурным особенностям. Таким образом, во многих приложениях, особенно в биологии, социологии и психологии, математический метод должен прежде всего отражать качественную сторону дела; затем, видимо, можно принять во внимание и количественную сторону дела, коль скоро построена удовлетворительная качественная модель» [31, с. 249].

Поэтому использование идей и методов теории катастроф, в частности, для моделирования развития социально-экономических систем, где количественное описание системы затруднено, а поведение системы определяется в основном качественными закономерностями, представляется достаточно перспективным. Дело в том, что, как отмечалось выше, развитие любой системы представляет собой прохождение через последовательность неустойчивостей и исследование, прогнозирование таких неустойчивостей для социально-экономических или техноэкономических процессов (в которых развитие экономики связано с научно-техническим прогрессом) очень важно. Точки неустойчивостей представляют собой критические точки, или критические режимы, выход из которых отнюдь не всегда выводит систему на новую ступень развития: он может приводить и к разрушению системы.

Неустойчивости в социальных системах проявляются в возникновении различных критических ситуаций при изменении соответствующих параметров в результате влияния среды, социальных изменений, научно-технического прогресса и др. Это — экологические и ресурсные кризисы, международные конфликты, социально-экономические и научные кризисные ситуации и т. д.[4] Эти кризисы, критические ситуации играют принципиальную роль в изменении состояния социальных систем, поэтому так важны их анализ, предсказание и разрешение, что, естественно, не может быть осуществлено без моделирования соответствующей кризисной ситуации[5].

Выяснение подобных критических границ, на которые выходит человечество в настоящее время, является, в частности, задачей нового направления исследований общественного развития — глобального моделирования [9]. Это и проблема «пределов роста», исследующая экологические, демографическо-продовольственные, ресурсные кризисы, и проблема установления «нового международного экономического порядка», требуемого развивающимися странами в противовес старой, колониальной системе [41], и энергетический кризис (связанный, например, с повышением цен на нефть странами ОПЕК), и т. д. Рассмотрим использование методов теории катастроф при анализе подобных глобальных проблем.

Поводом для использования теории катастроф в области глобального моделирования являются такие свойства экономического развития, как увеличение разрыва в жизненном уровне между экономически развитыми и развивающимися странами (дивергенция), возможность резкого изменения (скачка) в уровне развития отдельной

---

[4] Известно, например, что многие социальные нестабильности в отдельных капиталистических странах связаны с большим разрывом в жизненном уровне между различными слоями населения. Аналогичные утверждения, видимо, справедливы и для политической стабильности в мире, только сравнивать нужно уже жизненный уровень не различных слоев населения одной страны, а различных стран мира. Характерно в этом плане стремление развивающихся стран к справедливому распределению материальных и духовных благ в мировом масштабе.
Хорошо по этому поводу сказал А. М. Молчанов: «Если, однако, мы хотим (а мы этого хотим!), чтобы к моменту окончания анализа было что регулировать, а самое главное, было кому регулировать,— этот анализ неминуемо должен быть модельным» [17, с. 141].

страны и др. Эти свойства дали основание в работе [49] использовать катастрофу «сборка» для качественного анализа глобальной модели, причем в качестве нормального фактора берутся вложения в создание новой технологии, а в качестве расщепляющего — используемые природные ресурсы, т. е. основные технико-экономические факторы, определяющие скачок. В качестве «верхнего» листа «сборки» рассматриваются развитые страны, а в качестве «нижнего» — развивающиеся: изменение вышеуказанных факторов обусловливает скачкообразный переход страны из одного состояния в другое. Катастрофа «сборка» используется в [49] также для сравнения двух глобальных моделей будущего — «оптимистической» модели Г. Кана «Следующие двести лет» и «пессимистической» модели Д. Медоуза «Пределы роста», которым отвечают соответственно «верхний» и «нижний» листы сборки. В зависимости от влияния соответствующих факторов человечество может скачкообразно оказаться либо в одном, либо в другом состоянии. В качестве таких факторов, носящих конфликтный характер, выступают рост системы и пределы роста.

Конечно, эти начальные попытки использования теории катастроф для моделирования кризисных ситуаций глобального развития носят несколько упрощенный характер и не отражают всей сложности анализируемой проблемы, нуждаются в проведении обширных эконометрических и социометрических исследований, а также исследований уже имевших место критических ситуаций. Такие эмпирические исследования несомненно повысят конструктивную роль и эффективность использования теории катастроф для моделирования подобных процессов. Нельзя также забывать и о моделировании основных факторов, определяющих скачкообразные переходы такого рода. Одним из таких факторов является научно-технический прогресс, роль которого, в частности, при анализе такой глобальной проблемы, как сокращение разрыва между развитыми и развивающимися странами, весьма велика (хотя, разумеется, определяющим фактором в данном случае является необходимость глубоких социальных изменений в положении развивающихся стран [41]).

Рассмотрим поэтому возможность использования теории катастроф для построения одной из простейших моделей научно-технического прогресса, которая позволяет увидеть взаимосвязь между теорией катастроф и научно-

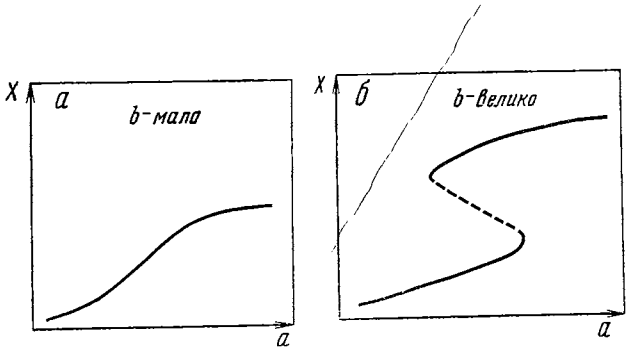



**Рис. 4**

техническим развитием. История науки и техники показывает, что очень часто это развитие идет не по пути монотонного, непрерывного роста, а имеет характер резких переходов, скачков. Используем поэтому для построения модели научно-технического прогресса катастрофу «сборка» (рис. 3) с разными значениями нормального $a$ и расщепляющего $b$ факторов в зависимости от конкретной задачи. Общим является то, что при малых значениях фактора $b$ изменение состояния системы $x$ в зависимости от $a$ является медленным и непрерывным (рис. 4а), а когда $b$ — велико, появляется резкий скачок в изменении переменной (рис. 4б) [6].

1. В качестве первого примера рассмотрим вопрос о точности измерения какой-либо физической величины (времени, массы, длины и т. п.) в фундаментальных исследованиях. Точность измерения, достигнутая наукой в данный момент времени, есть важнейший объективный показатель уровня развития всех фундаментальных исследований в целом. С развитием науки возрастала точность измерения и соответственно рост точности измерительных приборов способствовал дальнейшему развитию научного знания. История науки показывает, что очень часто резкому росту точности измерения какой-либо величины предшествовало открытие определенного фундаментального физического эффекта. В [2] показан рост точности измерения времени за последние 30 лет, который

[6] Разумеется, если по физическому смыслу задачи факторы могут принимать лишь положительные значения, как в данном случае, то производится элементарная замена переменных: $a=c-c_0$, $b=d-d_0$, где $c_0$, $d_0$ — минимальные значения соответствующих факторов.

имеет ступенчатый характер, причем каждый скачок в увеличении точности измерения времени связан с использованием определенного эффекта.

Аналогичные примеры можно привести и для точности измерения других физических величин. Так, резкое увеличение точности регистрации свободных радикалов связано с открытием в 1944 г. явления электронного парамагнитного резонанса Е. К. Завойским. К резкому росту точности регистрации элементарных частиц привело открытие эффекта Вавилова—Черенкова и т. д. Усилия по достижению подобных же результатов обычными методами, в рамках традиционных концепций, не приводили к успехам.

Эту закономерность можно проиллюстрировать с помощью катастрофы «сборка» следующим образом. В качестве нормального фактора $a$ возьмем усилия по достижению высокой точности измерения. Эти усилия можно измерять в финансовых и трудовых затратах. В качестве расщепляющего фактора $b$ возьмем новизну, оригинальность идеи, конструктивного принципа, лежащего в основе данного измерительного прибора. Если применяются обычные методы, то $b$ будем считать малым, если применяется новый эффект, то $b$ — велико. Тогда при малых $b$ зависимость роста точности измерений $x$ от усилий $a$ будет выглядеть как на рис. 4а. Когда же $b$ велико, то появится скачок в увеличении точности измерения (рис. 4б). Трехмерная картина, иллюстрирующая наши рассуждения, дана на рис. 3.

2. Материалы с разнообразными свойствами играют важнейшую роль в научно-техническом прогрессе. Макроскопические свойства материалов, такие, например, как твердость, теплопроводность, жаропрочность, определяются их химическим составом, а также их атомно-молекулярной структурой, наличием дефектов и т. д. Долгое время, пока не было создано экспериментальных методов изучения структуры материалов на атомно-молекулярном уровне (рентгеноструктурный анализ, спектроскопия, электронная микроскопия и т. д.), поиск и создание новых материалов был чисто эмпирическим, случайным и потому очень медленным процессом. Лишь в XX в. с появлением этих методов и в связи с созданием количественной атомно-молекулярной теории вещества поиск стал гораздо более целенаправленным и быстрым. И хотя до сих пор не создано теоретических методов, указывающих точную

атомную структуру материала, который обладал бы заданными свойствами, успехи в фундаментальных исследованиях значительно ускоряют и облегчают поиск, указывая общие свойства такой структуры. Например, пьезоэлектрические материалы ищут только среди кристаллов с центральной группой симметрии. Уровень исследований в этой области можно измерять скоростью появления патентов на новые материалы и технологии (например, числом патентов в год).

Резкий скачок в росте скорости создания новых материалов, который произошел в XX в. благодаря успехам в фундаментальных исследованиях, можно также моделировать катастрофой «сборка». В качестве нормального фактора $a$ необходимо взять усилия (затраты финансов и труда) на поиск новых материалов. В качестве расщепляющего фактора $b$ можно взять точность измерения малых пространственных интервалов. При достижении точности, способной разрешать межатомные расстояния, происходит резкий рост фазовой переменной $x$, характеризующей скорость создания новых материалов.

3. Одним из конечных продуктов научно-технического прогресса являются новые, более высокопроизводительные машины, механизмы, конструкции. Очень часто их совершенствование идет по пути увеличения скоростей соответствующих процессов: обработки материалов, транспортных, переработки и передачи информации и т. п. При этом растет производительность труда в системе. Опыт показывает, что резкий скачок в увеличении скорости процесса связан, как правило, с применением в конструкции какого-либо фундаментального открытия или явления. Например, резкий рост скорости передачи информации на дальние расстояния посредством электромагнитных волн связан с открытием различных электромагнитных явлений. Резкий скачок в производительности ЭВМ второго поколения по сравнению с ЭВМ первого поколения связан с применением в их конструкции материалов с полупроводниковыми свойствами.

Увеличение скоростей производственных процессов очень часто вызывает увеличение нагрузки на конструкции, что требует применения новых, более совершенных материалов, а иногда и материалов с принципиально новыми свойствами. Их применение также иногда резко увеличивает производительность конструкции.

Как и раньше, такие резкие скачки в увеличении скорости производственных процессов можно моделировать катастрофой «сборка». При этом в качестве нормального фактора $a$ берутся усилия по увеличению скоростей процессов в рамках старых конструкторских идей, в качестве расщепляющего фактора $b$ — успехи в фундаментальных исследованиях и в материаловедении. В качестве фазовой переменной выступает скорость процесса (производственного, транспортного, информационного и др.).

Следует отметить, что рассмотренные нами примеры, иллюстрирующие применение теории катастроф для моделирования научно-технического прогресса, не являются единственными примерами такого рода. В работе [44] теория катастроф также используется для моделирования научно-технического прогресса, причем авторы опираются на куновскую модель научного развития [13], исходя из того, что кризисная ситуация в науке, приводящая к научным революциям (скачкообразной смене парадигмы), возникает при наступлении динамического равновесия между исследовательскими усилиями и числом нерешенных проблем (объяснительные возможности парадигмы исчерпаны). В качестве управляющих факторов рассматриваются научная коммуникация и научные традиции данной дисциплины. Состояние системы (фазовая переменная) характеризуется проблемной ситуацией, а в качестве потенциальной функции, определяющей развитие данной дисциплины, выступает мера достоверности ее результатов. Модель носит качественный характер, что вполне понятно при моделировании такой сложной системы, как наука.

В связи с качественным характером рассмотренных моделей в заключение данного раздела мы хотим кратко остановиться на методологических особенностях использования теории катастроф для моделирования сложных развивающихся систем. Дело в том, что мнения даже о самой возможности приложения этой теории к социальным и биологическим областям оказались очень противоречивы и здесь до сих пор не выработалось единой точки зрения. Возможно, это объясняется тем, что разные разделы науки, в которых применяются методы теории катастроф, неодинаковы в смысле развитости в них количественных методов измерений и соответственно математических методов описания. В физике и механике, где хорошо развиты измерительные методы, математический аппарат

давно и плодотворно используется, приложения теории катастроф общепризнаны как полезные и эффективные. Для психологии и социальных наук, где измерительные методы еще недостаточно развиты и часто нет возможностей прямой проверки предлагаемых моделей, общая точка зрения еще не сложилась. Здесь выдвигается много аргументов против использования метода теории катастроф [50, 51], в том числе и со стороны математиков, внесших немалый вклад в создание самой теории особенностей гладких отображений [3].

Разумеется, некритическое, необоснованное расширение границ использования новых методов может в лучшем случае приводить к бесплодной трате усилий, а в худшем — к саморекламе, и наука знает немало тому примеров. Представляется, однако, что теории катастроф это не грозит. Во всяком случае, на данном, начальном этапе ее развития едва ли целесообразно вступать в дискуссию конкретно по каждой из моделей теории катастроф и делать какие-либо суждения об их конструктивности и справедливости. Ценность моделей проверяется практикой, и в конце концов — это дело специалистов соответствующих областей знания. Сделаем только следующие общие замечания.

1. Теория катастроф не есть фундаментальная теория каких-либо процессов или явлений. Пока — это всего лишь возможный математический язык (аппарат) для описания этих процессов или явлений. Некоторые критики приложения теории катастроф путают два этих понятия [50], проводя неправомерную аналогию с теорией тяготения Ньютона, объяснившей нетривиальным образом эмпирические законы Кеплера, и упрекая авторов моделей в тривиальности выводов, в отсутствии объяснений причин скачков, резких переходов. В действительности, если воспользоваться предложенным примером, предлагаемые модели аналогичны законам Кеплера. В науке очень часто бывают ситуации, когда математическое описание явлений создается раньше фундаментальной теории. Еще один такой пример: математическое описание специальной теории относительности — преобразования Лоренца — было предложено раньше, чем Эйнштейн создал свою теорию.

2. В предлагаемых моделях описываются некоторые общие свойства явлений, и они не претендуют на описание частных, конкретных особенностей реальных явлений.

Такого рода модели всегда широко использовались в естествознании. Например, машина Карно в термодинамике есть модель идеального теплового двигателя, построенная для вычисления максимального к.п.д., которая, естественно, не отражает некоторые из особенностей реальных двигателей.

3. Тот факт, что многие из предлагаемых моделей не могут быть экспериментально проверены в настоящее время, еще не говорит о слабости этих моделей. В естествознании такие случаи также имели место. Например, уравнение распространения тепла было предложено до того, как научились измерять тепловые потоки.

4. Нельзя сбрасывать со счетов большую эвристическую ценность методов теории катастроф, определяющих, в некотором смысле, выбор фазовых переменных, управляющих переменных и механизм скачкообразной смены состояний системы.

Заметим, наконец, что скептическое отношение ученых сопутствует многим начинаниям, особенно междисциплинарного плана. Это было и с кибернетикой, и с системным анализом, и даже с теорией информации [7]. Правда, оно, как правило, соседствует при этом с другой крайностью — преувеличением возможностей и статуса данной теории: теория систем рассматривалась иными сверхвосторженными поклонниками как новая философия, а теория катастроф сравнивается в некоторых околонаучных журналах с созданием Ньютоном дифференциального и интегрального исчислений. В конце концов, конечно, крайности сближаются, и неустойчивая реакция на новую теорию сменяется устойчивым отношением к ней научного сообщества, принимающего данную парадигму и переходящего, в этом смысле (на время, разумеется), в «равновесное» состояние.

---

[7] Тот факт, что научное сообщество не спешит, как правило, признать новую теорию и, как говорится, «сопротивляется до последнего», весьма распространен в науке, обеспечивая, очевидно, тем самым ее устойчивость (ср. с известным высказыванием М. Планка, отражающим крайнюю ситуацию такого рода: новые идеи принимаются лишь тогда, когда старое поколение ученых вымирает, а молодые принимают их сразу). Интересно отметить аналогию этого явления с известным в моделях теории катастроф «гистерезисным» принципом максимального промедления: «Система делает прыжок лишь тогда, когда у нее не остается другого выбора» [21, с. 114].

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Рассмотренные в предыдущем разделе принципы и модели теории катастроф свидетельствуют об определенных возможностях использования этой теории для моделирования процессов развития, ибо она позволяет моделировать один из основных элементов таких процессов: скачок, скачкообразный переход из одного состояния динамической системы в другое при непрерывном изменении внешнего параметра. Правда, одна катастрофа позволяет, вообще говоря, лишь однократно смоделировать скачкообразную смену состояния. А процесс развития — это последовательность скачкообразных переходов во все более прогрессивные, в определенном смысле, состояния при направленном изменении параметров. Поэтому необходимо обобщение теории катастроф на «многократный» случай, т. е. на моделирование последовательности скачков. Некоторые попытки в этом направлении уже делаются. Например, можно рассматривать спиралеобразное изменение параметров в катастрофе «сборка» (см., например, [4]), что будет приводить к последовательности периодических скачков с одной поверхности на другую. Или можно рассматривать многоскладчатую поверхность стационарных состояний как последовательность катастроф типа «сборки» (см., например, [54]). Во всяком случае, решение проблемы обобщения «однократного» скачка в теории катастроф на «многократный» случай не наталкивается на принципиальные трудности.

Принципиальным представляется (пока, по крайней мере) градиентный характер теории катастроф, значительно сужающий возможности ее применения, в частности в многомерном случае. В одномерном случае это условие не имеет значения, ибо правую часть соответствующего дифференциального уравнения всегда можно рассмотреть как градиент некоторого потенциала. Поэтому моделирование систем, поведение которых описывается одной переменной (при двух и даже более управляющих параметрах), получило наибольшее распространение в теории катастроф. Для двумерного случая, как и для более высокой размерности, динамическая система не всегда может рассматриваться как градиентная, ибо для этого необходимо, чтобы было

$$\frac{\partial f_i}{\partial x_j} = \frac{\partial f_j}{\partial x_i}, \text{ так как } \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} = \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_i}$$

Правда, для социально-экономических систем с их целенаправленным поведением, очевидно, можно говорить о градиентном характере функционирования этих систем, т. е. о движении их в некотором потенциальном поле, представляемом функцией цели, функцией полезности, функцией потерь, критерием эффективности и пр. И это позволяет говорить об эффективности применения теории катастроф к анализу именно таких систем, хотя для них, как уже отмечалось выше, применение теории катастроф наименее разработано и вызывает наибольшие споры. Во всяком случае, даже если социально-экономические системы и можно рассматривать как градиентные, то трудности с количественным определением функции полезности пока выступают как естественное ограничение эффективности теории катастроф (хотя в будущем оно может стать и непринципиальным, в частности в результате развития математических методов определения функции полезности для социально-экономических систем [7]).

Попытки избавиться от условия «градиентности» теории катастроф не представляются пока достаточно эффективными, несмотря на их многочисленность. Одной из наиболее интересных является вероятностный подход В. Эбелинга [34], рассматривающего стохастические процессы, для которых в качестве аналога потенциальной функции выступает вероятностная поверхность. Поведение соответствующих систем описывается уравнением Фоккера—Планка, что позволяет построить стохастический вариант теории катастроф (см. также [43]) и, на наш взгляд, связать эту строго динамическую теорию, в частности, с моделями случайного поиска, «градиентный» характер которого анализируется, например, в [39], с теорией стохастической устойчивости [14]. Стохастический подход к теории катастроф представляется весьма перспективным, но в настоящее время он еще находится в начальной стадии разработки.

Во всяком случае, при анализе возможностей применения теории катастроф к моделированию развития нельзя не учитывать рассмотренные ограничения. Иной подход к построению моделей развития, тесно связанный с теорией катастроф, хотя и избавленный в определенном смысле от ее ограничений, содержится в теории необратимых процессов на базе нелинейной термодинамики, ин-

тенсивно разрабатываемой бельгийской школой И. Пригожина (см., например, [19, 11, 23, 24]). Рассмотрим поэтому вкратце идеи нелинейной термодинамики И. Пригожина и ее приложение к моделированию процессов развития.

Если Р. Том исследует динамические системы довольно общего плана весьма абстрактными и универсальными математическими методами, то И. Пригожин исследует термодинамические системы, опираясь на физико-химические закономерности последних — как правило, на химическую термодинамику; и в этом, пожалуй, и сила, и ограниченный характер его результатов. Сила — в том, что его результаты имеют физически прозрачный смысл, обладающий большой эвристической ценностью, а слабость — в необходимости «термодинамических» закономерностей. Правда, автор в своих работах небезуспешно обобщает свою нелинейную термодинамику на биологические и социальные системы [19].

Суть подхода И. Пригожина заключается в том, что он распространил результаты, полученные им же для «линейной» термодинамики необратимых процессов, на нелинейную область. В основе концепции развития И. Пригожина также лежат представления об устойчивости и неустойчивости состояний соответствующих систем и использование второго метода А. М. Ляпунова с построением функции Ляпунова. Дело в том, что первый метод Ляпунова, основанный на разложении в ряд и линеаризации, неудобен для многомерного случая, ибо требует анализа системы уравнений. Второй метод не требует этого, он основан на анализе знаков функции Ляпунова и ее производной по времени, причем сама функция Ляпунова выступает, по замечанию И. Пригожина, в окрестности стационарного состояния как потенциал, «экстремальные свойства которого определяют устойчивость этого состояния» [19, с. 84]. В качестве функции Ляпунова и ее производной по времени И. Пригожин использует разложенные в ряд до второго порядка малости отклонения энтропии и производства энтропии от их стационарных значений.

Само производство энтропии $dS_i/dt$ может быть записано следующим образом через обобщенные потоки разных компонентов $I_k$ и обобщенные силы $X_k$:

$$dS_i/dt = \sum_k I_k X_k.$$

Так как потоки можно рассматривать как функцию от сил $I_k = f(\{X_l\})$, то эту функцию можно разложить в степенной ряд в состоянии термодинамического равновесия. Для стационарных состояний, близких к состоянию термодинамического равновесия, в данном разложении можно ограничиться линейным приближением, что приводит к знаменитой теореме Пригожина о минимуме производства энтропии для состояний, близких к равновесному.

Но эти состояния в силу данной теоремы «слишком» устойчивы, ибо возмущенная система возвращается в них согласно данному экстремальному принципу. Поэтому никакое развитие невозможно, ибо открытая система в данном случае «излишне» устойчива и не способна к прогрессивным изменениям, приводящим к ее развитию.

Для систем, далеких от состояния термодинамического равновесия, линейное приближение оказывается недостаточным, что и приводит к необходимости учета нелинейных эффектов (как правило, второго порядка) и к необходимости построения нелинейной термодинамики. В результате некоторая функция, называемая избыточным производством энтропии и играющая роль производной по времени функции Ляпунова, приобретает особое значение. Обладая в линейном приближении постоянным знаком (положительным), эта функция в нелинейном случае при изменении соответствующих параметров термодинамических систем (химического сродства и др.) может менять знак, что и приводит к неустойчивости системы, ибо сама функция Ляпунова для этих систем, по И. Пригожину, всегда отрицательно определена. Этот важный результат, показанный И. Пригожиным для открытых термодинамических систем, далеких от равновесного состояния, свидетельствует о том, что такие системы могут превращаться из устойчивых в неустойчивые при изменении соответствующих параметров и в принципе эволюционировать, развиваться.

Иными словами, развитие, по И. Пригожину, возможно только в стационарных состояниях, далеких от равновесного, когда возникают нелинейные эффекты, вызывающие множественность (неединственность) стационарных состояний и их неустойчивость как потенциальный источник развития. Если линейные приближения недопустимы, то уже нельзя говорить с уверенностью об обязательной устойчивости стационарных состояний. В таких случаях

существуют пороговые, критические значения внешних параметров, при которых возникает неустойчивость системы и ветвление решений, т. е. эти значения играют роль бифуркационных точек.

Неустойчивость системы означает, что в этих критических точках флуктуации, всегда существующие в системах, не ослабляются, как в устойчивых системах, а в результате нелинейных (например, автокаталитических) процессов усиливаются. Они достигают макроскопического уровня и вызывают скачкообразный переход системы в новое устойчивое состояние с уменьшившейся энтропией. Происходит развитие системы, называемое Пригожиным «порядок через флуктуации» и интерпретируемое им как последовательный переход системы в стационарные состояния с уменьшающейся энтропией (возрастание организационной структуры благодаря возникновению неустойчивости и флуктуациям в неустойчивых состояниях). При этом следует подчеркнуть асимметричный характер возникающей неустойчивости, аналогичный неустойчивости в точках перегиба. Дело в том, что для открытых систем, далеких от равновесного состояния, движение к последнему, т. е. в сторону возрастания энтропии, «запрещается» наличием внешних сил и потоков, удерживающих систему от деградации (т. е. система устойчива к таким флуктуациям). Поэтому при возникновении неустойчивости такого рода остается только возможность движения в сторону уменьшения энтропии: возникает направленный процесс развития.

Нелинейная термодинамика И. Пригожина, рассматривающая развитие как последовательное возникновение неустойчивостей и соответствующих скачкообразных переходов в сторону возрастания организации системы, несмотря на свой «физико-химический» характер, находит все большее применение при моделировании эволюции не только физико-химических, но также биологических и социально-экономических систем. Дело в том, что теория Пригожина обладает большой эвристической силой, ибо ее основные идеи в содержательном плане соответствуют качественным представлениям о процессе развития, рассмотренным нами. Кроме того, нельзя не учитывать, что термодинамические энтропийные представления, основанные, в частности, на тесной связи между понятиями энтропии, структуры, информации, организации и пр., а также в силу своей «кооперативной» природы все

глубже проникают в анализ сложных систем (см., например, [5]).

Наиболее интересные результаты получены М. Эйгеном, применяющим теорию Пригожина при исследовании последовательного развития, самоорганизации биологических структур в результате эволюционной конкуренции и отбора [35, 36]. Использование процессов конкуренции, как отмечает и сам Пригожин, является весьма перспективным для моделирования процессов эволюции и развития. Исследование устойчивости и неустойчивости соответствующих критических ситуаций, возникающих в процессах конкуренции при изменении параметров внешней среды (истощение ресурсов и пр.) и при возникновении мутаций (генетических флуктуаций), определяющее эволюцию этих процессов, может производиться как первым методом Ляпунова [19], так и вторым. В последнем случае в качестве функции Ляпунова выступает энтропия в ее вероятностной интерпретации, а точнее говоря,— «относительная информация» по Кульбаку [12, 34] (см. также [15, 10, 26]), тесная связь которой с функцией Ляпунова у Пригожина установлена Шлёглем [34].

На более качественном, содержательном уровне идеи Пригожина используются при моделировании развития социально-экономических, экологических систем [42], моделей развития науки [40] и др.

Таким образом, нелинейная термодинамика Пригожина является хорошим дополнением к теории катастроф Тома при построении моделей развития. Разумеется, она обладает своими достоинствами и недостатками, о которых мы уже говорили. Поэтому в каждом отдельном случае опора на ту или другую теорию должна определяться конкретными особенностями анализируемой системы. Но общим для обеих теорий являются именно понятия устойчивости и неустойчивости, важность которых для моделирования развития неоднократно подчеркивалась нами [8].

---

[8] Близкими по духу к этим концепциям являются работы по хаотической динамике (см., например, [8, 27]), рассматривающие в некотором смысле обратную проблему: не возникновение «порядка из беспорядка», а порождение «беспорядка из порядка», т. е. случайности из детерминированности динамических систем, возникшую, в частности, из проблемы обоснования статистической механики. В основе этого подхода также лежит понятие неустойчивости динамических систем.

Заканчивая статью, хотим отметить, что будущее моделей развития лежит на пути построения, если можно так выразиться, теории структурной устойчивости (или неустойчивости) сложных систем, анализирующей критические режимы, в которых возможны скачкообразные переходы в новые состояния при направленном изменении соответствующих переменных. Эта теория должна объединить достоинства как теории динамических систем, так и термодинамических представлений, описывающих систему не при помощи системы дифференциальных уравнений (1), а при помощи небольшого числа экстенсивных и интенсивных макропеременных и связей между ними.

Укажем в заключение на новые направления исследований, развиваемые Г. Юмари (см., например, [46, 47, 48]), связывающие теорию катастроф, энтропийные и системные представления в единую концепцию. В основе этой концепции лежит понятие структурной энтропии и установление интересной аналогии между многоаспектным описанием системы в зависимости от наблюдателя (точки зрения) и релятивистскими представлениями теории относительности (зависимость от точки отсчета, системы координат). Наконец, приобретает все большую известность наука об общей теории кооперативных явлений — синергетика, разрабатываемая Г. Хакеном [30].

Все это позволяет предположить, что мы стоим в настоящее время на пороге новых парадигмальных сдвигов (после общей теории систем и кибернетики) в построении теории процессов развития сложных, неравновесных систем, опирающейся на качественные представления.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Алексеев В. В.* Влияние фактора насыщения на устойчивость биогидроценозов.— В кн.: Математическая теория биологических процессов: Тез. докл. 1-й конф. Калининград, 1976, с. 73—75.
2. *Андрюшин В. И., Бондарев А. П., Шелес В. П.* Фундаментальные физические исследования, прецизионные измерения и квантовая метрология.— Вестн. АН СССР, 1979, № 7, с. 33—41.
3. *Арнольд В. И.* Теория катастроф.— Природа, 1979, № 10, с. 54—63.
4. *Брёкер Т., Ландер Л.* Дифференцируемые ростки и катастрофы. М.: Мир, 1977. 207 с.
5. *Вильсон А. Дж.* Энтропийные методы моделирования сложных систем. М.: Наука, 1978. 246 с.
6. *Гаврилец Ю. Н.* Социально-экономическое планирование: системы и модели. М.: Экономика, 1974. 175 с.

7. *Гаврилец Ю. Н.* Измерение полезности и концепция оптимальности.— Экон.-мат. методы, 1979, № 3, с. 582—596.
8. *Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И.* Хаотическая динамика простых систем.— Природа, 1981, № 2, с. 54—65.
9. *Гвишиани Д. М.* Методологические проблемы моделирования глобального развития.— Вопр. филос., 1978, № 2, с. 14—28.
10. *Гинзбург Л. Р.* Уравнения теории биологических сообществ.— В кн.: Математическое моделирование в биологии: Материалы I школы по мат. моделированию сложных биол. систем. М.: Наука, 1975, с. 53—91.
11. *Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.
12. *Кульбак С.* Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967. 408 с.
13. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1976. 288 с.
14. *Кушнер Г. Дж.* Стохастическая устойчивость и управление. М.: Мир, 1969. 200 с.
15. *Левич А. П.* Понятие устойчивости в биологии. Мат. аспекты.— В кн.: Человек и биосфера. М.: Изд-во МГУ, 1976, вып. 1, с. 138—174.
16. *Меркин Д. Р.* Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука, 1976. 320 с.
17. *Молчанов А. М.* Математические модели в экологии. Роль критических режимов.— В кн.: Математическое моделирование в биологии: Материалы I школы по мат. моделированию сложных биол. систем. М.: Наука, 1975, с. 133—141.
18. *Молчанов А. М.* Критические точки биологических систем: (мат. модели).— Там же, с. 143—153.
19. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
20. *Петраков Н. Я.* Кибернетические проблемы управления экономикой. М.: Наука, 1974. 160 с.
21. *Постон Т., Стюарт И.* Теория катастроф и ее приложения. М.: Мир, 1980. 608 с.
22. *Прайс Д. де Солла.* Малая наука, большая наука.— В кн.: Наука о науке. М.: Прогресс, 1966, с. 281—384.
23. *Пригожин И.* Время, структура и флуктуации: Нобелевская лекция по химии 1977 года.— Успехи физ. наук, 1980, т. 131, вып. 2, с. 185—207.
24. *Пригожин И., Николис Ж.* Биологический порядок, структура и неустойчивости.— Там же, 1973, т. 109, вып. 3, с. 517—544.
25. *Романовский Ю. М., Степанова Н. В., Чернавский Д. С.* Математическое моделирование в биофизике. М.: Наука, 1975. 344 с.
26. *Свирежев Ю. М., Логофет Д. О.* Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.
27. *Синай Я. Г.* Случайность неслучайного.— Природа, 1981, № 3, с. 72—80.
28. *Том Р.* Динамическая теория морфогенеза.— В кн.: На пути к теоретической биологии. М.: Мир, 1970, с. 145—155.
29. *Тынянов Ю. Н.* Поэтика. История литературы. Кино. М.: Наука, 1977. 574 с.
30. *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. 404 с.
31. *Чиллингуорт Д.* Структурная устойчивость математических моделей. Значение методов теории катастроф.— В кн.: Математическое моделирование. М.: Мир, 1979, с. 248—276.

32. *Чуев Ю. В., Михайлов Ю. Б., Кузьмин В. И.* Прогнозирование количественных характеристик процессов. М.: Сов. радио, 1975. 398 с.
33. *Шибутани Т.* Социальная психология. М.: Прогресс, 1969. 534 с.
34. *Эбелинг В.* Образование структур при необратимых процессах. М.: Мир, 1979. 280 с.
35. *Эйген М.* Молекулярная самоорганизация и ранние стадии эволюции.— Успехи физ. наук, 1973, т. 109, вып. 3, с. 545—589.
36. *Эйген М.* Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973. 216 с.
37. *Эйрес Р.* Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. М.: Мир, 1971. 296 с.
38. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 432 с.
39. *Яблонский А. И.* Об экстремальных свойствах случайного поиска.— Изв. вузов. Радиофизика, 1971, т. 14, № 7, с. 1229—1234.
40. *Яблонский А. И.* Развитие науки как открытой системы.— В кн.: Системные исследования. Ежегодник, 1978. М.: Наука, 1978, с. 86—109.
41. *Яблонский А. И.* Глобальные проблемы науки: методол. анализ.— В кн.: Неформализованные элементы системы моделирования: Тр. семинара. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 49—59.
42. *Blackburn T. R.* Information and the ecology of scholars.— Science, 1973, vol. 181, N 4105, p. 1141—1147.
43. *Cobb L.* Stochastic catastrophe models and multimodal distributions.— Behav. Sci., 1978, vol. 23, N 5, p. 360—374.
44. *Gockowski J., Tchon K., Wojciechowska J.* On a catastrophe theory approach to the development of science: Paper presented for the Vth European meeting on cybernetics and systems research. Vienna, Austria, 1980. 18 p.
45. *Goffman W., Harmon G.* Mathematical approach to the prediction of scientific discovery.— Nature, 1971, vol. 229, N 5280, p. 103—104.
46. *Jumarie G. A.* Relativistic information approach to the structural dynamics of general systems.— Cybernetica, 1976, vol. 19, N 4, p. 273—304.
47. *Jumarie G.* The concept of structural entropy and its application to general systems.— Intern. J. Gen. Syst., 1979, vol. 5, N 2, p. 99—120.
48. *Jumarie G.* Toward and identification of the catastrophe theory with general systems: Pap. presented for the Vth Europ. meet. on cybernetics and syst. res. Vienna, Austria, 1980. 9 p.
49. *Redmond H. W.* Qualitative dynamics in futures research.— Futures, 1979, vol. 11, N 5, p. 402—407.
50. *Sussman H. J., Zahler R. S.* A critique of applied catastrophe theory in behavioral sciences.— Behav. Sci., 1978, vol. 23, N 5, p. 383—389.
51. *Sussman H. J., Zahler R. S.* Catastrophe theory as applied to the social and biological science: A critique.— Synthese, vol. 37, 1978, p. 117—216.
52. *Takatsuji M.* An Information — theoretical approach to a system of interacting elements.— Biol. Cybern., 1975, vol. 17, N 4, p. 207—210.
53. *Thom R.* Stabilité structurelle et morphogenèse. N. Y., 1972. 362 p.
54. *Zwick M.* Dialectics and catastrophe.— In: Sociocybernetics. Leiden etc., 1978, vol. 1, p. 129—154.

# МЕТОДОЛОГИЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗМОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

А. В. КОЧЕТКОВ

В последнее время все более ясно осознается тот факт, что современная научно-техническая революция в производительных силах не приводит автоматически к качественным сдвигам в социально-экономической сфере. Это, конечно, не исключает существенного единовременного эффекта, вызываемого быстро увеличивающимся потоком научно-технических нововведений. Однако одновременно выявляются постоянно возникающие и во многих отношениях возрастающие сложности социально-экономического развития. Преодоление таких сложностей предполагает органическое соединение научно-технической революции с преимуществами социализма и на этой основе совершенствование существа механизмов общественного развития, которые имеют социально-экономический характер и решающим образом определяют реальное продвижение общества в сферах экономики и народного благосостояния. Это выдвигает на первый план научную проблему более глубокого познания самих закономерностей современного развития социалистического общества, среди которых важное значение имеют механизмы управления.

### ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЦЕЛОСТНОСТИ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Можно выделить следующие основные типы механизмов управления: информационный, экономический, социальный, административный, правовой [5, 13, 15, 18, 20, 21]. Каждый из них имеет свои специфику и средства воздействия на объект управления.

*Информационный* (планово-информационный) *механизм* управления действует на основе использования средств сбора, передачи и переработки данных об управляемом объекте, анализа прямых и обратных связей входов и выходов хозяйственных систем, построения информационных систем, ориентированных на процесс принятия решений и его конечные цели, выдачи соответствующих управленческих воздействий с контролем их эффективности. На современном этапе главным информационным преобразователем общественного производства выступает система планирования. В условиях социалистической системы хозяйства планово-информационный механизм приобретает наиболее всесторонний народнохозяйственный характер, выступает как центральное звено руководства экономическим и социальным развитием.

*Экономический механизм* действует через совокупность экономических регуляторов — хозяйственный расчет, договорные связи, материальное стимулирование, финансово-кредитные рычаги, экономические нормативы, направленные на повышение производительности труда и эффективности производства. Все эти средства в их взаимодействии представляют экономическую мотивационную систему, реализующую общественные, коллективные и личные интересы и стимулирующую их согласование.

*Социальный механизм* включает в себя методы и структуры комплексного воспитательного, идейно-политического, культурно-творческого, социально-бытового, морального, социально-психологического воздействия на социальные процессы, системы социальных интересов, ценностей, установок, ориентаций в направлении стимулирования трудовой активности, сознательности трудящихся, формирования целостного мировоззрения.

*Правовой механизм* регулирует экономическое и социальное развитие и фунционирование на основе введения юридических нормативных актов, организующих деятельность органов управления и хозяйственных систем, а также непосредственно людей и отношений между ними.

*Административный* (организационно-структурный) *механизм* воздействует на общественное производство и потребление средствами деятельности аппарата управления (государственного и производственно-хозяйственного) на основе организационно-структурного распределения и со-

гласования задач и ответственности с полномочиями органов управления, предприятий и организаций [1].

Так же как социально-экономические системы не могут рассматриваться как простое взаимодействие входящих в них элементов, механизмы управления представляют не изолированные, внешние по отношению друг к другу процессы, а целостную систему [2]. Это, конечно, не исключает нарушений целостности действия механизмов в практике управления. Известны, например, многочисленные случаи отрицательных последствий применения административных средств без их необходимой увязки с экономическими, социальными, правовыми, информационными механизмами. Допускаемая некомплексность действия механизмов, отставание в развитии хотя бы одного из них неизбежно выражаются в нарушении функционирования социально-экономических систем. Это значит, что достижение максимально полной целостности механизмов управления выступает как теоретическая предпосылка, практическая реализация которой представляет важное средство повышения уровня целостности социально-экономической системы.

Механизмы управления могут быть исследованы как сложная система на разных уровнях методологического знания [9].

На уровне *философской методологии* системный анализ механизмов управления тесно связан с диалектическим единством объективного и субъективного, с логикой движения противоречий как основы процесса целостного развития общества. Формирование эффективно действующих механизмов управления требует все более глубокого научного познания и сознательного использования объективных законов общественного функционирования и развития. Последующие все более конкретизируемые уровни методологического знания призваны способствовать адекватному отражению этих законов в теории и практике управления, в построении его реально работающих механизмов.

---

[1] Широко используемое в теории и практике управления понятие хозяйственного механизма фактически носит интегральный характер.

[2] Так, планирование тесно увязано с экономическим и социальным механизмами (экономическое и социальное планирование). Проблема единства организационного и экономического механизмов управления рассмотрена в работе В. С. Рапопорта [19].

На уровне *общенаучных методологических принципов* и форм исследования механизмов управления встает сложная задача сочетания основ марксистско-ленинской политической экономии с логикой научного познания современных проблем развития и функционирования социально-экономических систем. Здесь необходимо выявить и обосновать полную систему механизмов управления, исследовать эти механизмы как органические части социально-экономических систем и одновременно как средства их преобразования, определить принципиальные структурно-функциональные отличия механизмов управления в социалистическом обществе и особенности их действия в конкретных исторических условиях.

На уровне *конкретно-научной методологии,* где используются принципы и методы социальных научных дисциплин, механизмы управления социально-экономическими системами предстают как единый предмет исследования социологии, экономики, кибернетики, психологии, экологии, истории и ряда других наук в тесном переплетении соответствующих данным областям концепций и подходов. Именно на этом уровне происходит формирование основных принципов построения, проектирования механизмов управления, вырабатываются характеристики функционирования механизмов в оптимальном режиме с полным учетом социально-политических, экономических, культурно-исторических и других условий.

Наконец, на уровне *методики и техники научных исследований* механизмы управления анализируются и конструируются с использованием широкой группы неформализованных и формализованных методов и процедур, обследований, сбора и обработки статистической и экспертной информации, моделей различного типа, правил принятия управленческих решений, методик проведения экспериментов и т. д. Этот уровень является как бы инструментально-вспомогательным и дополняющим предыдущие.

Оценивая состояние научно-методологического знания механизмов управления на современном этапе развития социалистического общества на всех выделенных уровнях, следует отметить явное отставание этого знания от потребностей развития теории и особенно практики управления.

Это в конечном счете находит выражение в недостаточной эффективности действующей системы управления. Следует подчеркнуть, что для ускорения преодоления

сложившегося отставания в исследовании существа и путей совершенствования системы механизмов управления необходимо взаимосвязанное продвижение на всех уровнях научно-методологического знания.

## ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Представляя неотъемлемую часть социально-экономических систем (межотраслевых, отраслевых, функциональных, территориальных, хозяйственных комплексов), механизмы управления по своим основным характеристикам определяются динамикой таких систем, их структурно-функциональными особенностями, проявляющимися на разных стадиях общественного развития.

Основное свойство социально-экономических систем, как было отмечено Д. М. Гвишиани, состоит в обеспечении их целостности на основе целенаправленной деятельности человека [11]. В плане анализа механизмов управления очень важно выявить сложные динамические взаимозависимости (прямые, опосредованные, обратные, перекрестные) между общественными, а также общественно-природными элементами и процессами, особенно между социальными и экономическими факторами и характеристиками. Эти ключевые для построения механизмов управления социально-экономические взаимосвязи не являются универсальными и застывшими. Наоборот, они глубоко динамичны и предполагают в качестве методологического инструмента их познания применение диахронного многомерного анализа. Такой анализ тем более необходим, что социально-экономическая зависимость обладает временны́м лагом, который уменьшает степень управляемости объектом в каждый момент времени. Кроме того, многое здесь зависит от уровня осознания динамики связей субъектом управления, который включен в них как активный элемент.

Закономерности развития механизмов управления, основанные на учете взаимосвязей в социально-экономических системах, определяются стадийным характером их развития со структурными сдвигами и изменением приоритетов ключевых факторов экономического роста.

На начальных этапах индустриализации ограниченные экономические возможности неизбежно определяют необходимость поддержки уровня инвестиций в социальную сферу, обеспечивающего только простое воспроизводство рабочей силы и удовлетворение элементарных материальных и духовных потребностей. Главные факторы социально-экономического развития на этом этапе — рост инвестиций и количественное наращивание основных фондов и рабочей силы. Капиталоемкость создания материально-технической базы индустриализации ограничивает возможности роста потребления и решения социальных задач, тем самым снижая экономическую роль человеческого фактора.

Преодоление ресурсных ограничений становится возможным только на более высокой ступени развития социально-экономических систем, когда потребности дальнейшего повышения уровня производительных сил (и совершенствования производственных отношений) обусловливают возрастание экономического значения науки, образования, культуры и других сфер духовного производства. Развитие их, в свою очередь, определяется ростом значимости человеческого, субъективного фактора. На современном этапе развития социалистического общества соотношение ресурсы — результаты во все большей степени опосредуется социальными факторами и механизмами управления и приводит к трансформации традиционных ресурсных факторов в направлении усиления их качественных характеристик — квалификации рабочей силы, научно-технического уровня производства, структурных сдвигов, углубления кооперации труда и т. п.

Однако до последнего времени механизмы управления социально-экономическими системами нередко вследствие отставания общественного сознания запаздывали в своей реакции на требуемые сдвиги и продолжали опираться на традиционные факторы общественного развития, тем самым замедляя экономический рост. На практике традиционный подход находит выражение в упрощенном понимании взаимосвязей социальных и экономических факторов, проявляющемся в недостаточной социальной сбалансированности экономического роста, в придании второстепенной роли социальным критериям принятия хозяйственных решений, в недооценке экономической роли динамики и структуры потребления. Уровень потребления нередко продолжает рассматриваться как

фактор, ограничивающий рост производства (через лимитирование производственных инвестиций). Уровень и структура потребления определяются в основном социально-политическими соображениями [18]. Ряд отрицательных явлений в развитии современной экономики (недостаточные темпы научно-технического прогресса, роста производительности труда и фондоотдачи, качества продукции) свидетельствует о том, что каждое упущение в использовании возможностей для развития творческих сил человека постепенно становится экономическим расточительством [17].

Социально-экономическая потребность в качественном сдвиге в уровне и образе жизни трудящихся диктует необходимость расширения границ сферы потребления в сторону повышения разнообразия и качества благ и услуг для населения. В этом же направлении действуют существенные изменения образа жизни человека, динамика структуры потребления, свободного времени, семейных и личных интересов.

Таким образом, на достаточно высокой ступени развития социалистическое общество переходит определенную границу в развитии производительных сил и социальных отношений, когда создается необходимость и одновременно возможность планомерного формирования и активного, в том числе экономического, использования всесторонних способностей человека.

Возросшая сложность и новые динамические взаимосвязи, характеризующие развитие социалистического общества, изменение роли личности в развитии производства обусловливают объективную необходимость расширения традиционных рамок механизмов управления, которые должны во все более решающей мере быть ориентированы на человека, целенаправленное формирование его потребностей, интересов, мотивов, на всестороннее развитие его творческих и физических сил. Это требует более полного учета субъективного фактора во всех аспектах экономической и научно-технической политики, во всех звеньях и уровнях народного хозяйства и системы управления.

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ

Механизмы управления обладают различными возможностями воздействия на субъективный фактор, который выступает как основная движущая сила экономического

роста и общественного развития в целом. Человек — главный компонент социально-экономических систем — вступает в общественные связи и отношения и как личность, и как производительный работник, интегрируя в условиях социализма свои социальные и экономические качества в целостную систему. Закономерно поэтому, что целостность человека определяет объективную необходимость формирования единого социально-экономического механизма управления.

В социалистической системе необходимость налаживания нового типа хозяйствования, основанного на обобществлении средств производства, длительное время объективно способствовала тому, что первостепенное внимание уделялось созданию и совершенствованию планово-информационного механизма. На современном этапе на первый план выходят проблемы развития социально-экономического механизма.

С позиций социально-экономического механизма общество рассматривается как совокупность взаимодействующих социальных отношений, находящих выражение в потребностях, интересах, мотивах практической деятельности трудящихся масс. Роль социально-экономического механизма состоит в направленном воздействии на совокупность интересов общества, социальных групп, коллективов и отдельных личностей с целью их максимально полного совпадения.

Социально-экономический механизм направлен на преодоление противоречий между содержанием и структурой потребностей, интересов, мотивов трудящихся, всей массы населения, с одной стороны, и объективными характеристиками и закономерностями развития общественного производства и труда — с другой. Это противоречие может быть снято только в результате качественного совершенствования системы управления в направлении переструктуризации потребностей, интересов и мотивов работников, постоянного стимулирования их развития и создания условий для воздействия на практическую деятельность.

Решение коренного противоречия между потребностями трудящихся масс и реальными возможностями производства может быть достигнуто только на основе перехода от капитализма к социализму. Капиталистическое общество может изобрести и усовершенствовать утонченные средства информационного, экономического, правово-

го, административного и в ряде отношений социального механизмов управления, но накладывает ограничения на базовый социально-экономический механизм, воздействующий непосредственно на движущие силы общественного прогресса.

Влияние научно-технической революции и сдвиги в социальной сфере нашли отражение в разработке стратегий и тактических средств капиталистического менеджмента, основанных на концепциях типа «саморегулирующегося общества» или «живой революции» [24, 25]. Однако рекомендуемые буржуазной социологией новейшие способы социального контроля остаются в рамках внешних средств манипулирования человеческим поведением. Вследствие этого они не способны разрешить реальные социально-экономические и социально-политические конфликты, углубляющие противоречие между субъектом и объектом управления в капиталистическом обществе.

Переход к социализму разрушает буржуазный коммерческий социально-экономический механизм и с необходимостью предполагает поиск других, адекватных гуманным принципам нового строя, средств управления. В. И. Ленин писал о повышении производительности труда: «Социализм должен *по-своему*, своими приемами — скажем конкретнее, *советскими* приемами — осуществить это движение вперед» [3, т. 36, с. 178]. Этот качественно новый механизм управления не может быть создан простой реализацией теоретических построений, Базовый социально-экономический механизм социалистической системы хозяйства формируется непосредственно в процессе становления и развития социалистической экономики на основе накопленного опыта индустриализации и коллективизации, укрепления социалистического образа жизни.

Сложность качественно новых путей социалистического строительства, постепенный характер закрепления сознательного коммунистического начала трудовой, культурно-бытовой и других форм человеческой деятельности выдвигают определенные трудности в формировании механизма управления.

Определенная переоценка возможностей информационно-планового механизма и одновременно недооценка возрастающей роли социально-экономического механизма проявляются в сохранении приоритета ресурсно-экономических факторов развития народного хозяйства без их не-

обходимой увязки с социальными факторами, в терпимом отношении к социальной и экологической несбалансированности экономического роста, в упрощенном рассмотрении развития социальной сферы только как цели, а экономической — как средства ее достижения.

На преодоление этих недостатков нацелено Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы» от 12 июля 1979 г., в котором предложена система мер по повышению единства экономического и социального планирования, развитию материального стимулирования [5]. Широкая программа дальнейшего развития этих мер содержится в решениях XXVI съезда КПСС [4]. Одним из важных направлений реализации этих принципиальных решений должна стать система научных и практических разработок по совершенствованию социально-экономического механизма, адекватного социалистической системе хозяйства и позволяющего в целостном единстве с другими механизмами управления обеспечить динамичный, устойчивый и всесторонний прогресс советского общества.

Главная цель социалистического общества может быть выражена ленинской формулой достижения «*полного* благосостояния и свободного *всестороннего* развития *всех* членов общества» [3, т. 6, с. 232]. Вместе с тем всестороннее развитие человека как целостной, активной, культурно-творческой личности, обладающей высоким уровнем самосознания, отражает не только идеальную цель, но и одновременно реальный процесс формирования главного стратегического потенциала социалистической системы, реализующего ее исторические преимущества перед капитализмом.

Важность рассмотрения всесторонне развитой личности не только как высшей цели, но и главного средства социально-экономического развития заключена в прогрессивном характере социалистических и коммунистических общественных отношений, «когда,— по словам К. Маркса и Ф. Энгельса,— свободное развитие каждого является условием свободного развития всех» [2, т. 4, с. 447]. Социалистические отношения выступают как исходная предпосылка совпадения интересов личности и общества, так что каждый шаг в развитии всесторонне развитой личности находит выражение в адекватном обществен-

ном вкладе и, следовательно, в свою очередь, становится объектом направленного общественного стимулирования. Отношение «всесторонне развитая личность — общество» является, следовательно, базой социально-экономической зависимости в социалистическом обществе, которая имеет динамический характер и предстает одновременно и как идеальное состояние, и как процесс движения к идеалу, его активного деятельного формирования.

Диалектический подход, сводящий в единство цели и средства общественного развития, позволяет, таким образом, рассматривать процесс всестороннего развития личности как источник качественно нового типа общественного прогресса, как главное средство снятия противоречия между неисчерпаемыми потенциальными возможностями, историческими преимуществами социалистического строя и достигнутыми результатами в сфере экономики и благосостояния населения. Это значит, что цель всестороннего развития личности необходимо осознать как конкретную актуальную задачу практической деятельности и тем самым как задачу построения механизма управления, воздействующего на основные движущие силы социально-экономического развития и производные от них рычаги и средства.

Основывающийся на закономерностях практической деятельности базовый социально-экономический механизм управления в социалистическом обществе охватывает активные целереализующие интересы всесторонне развивающейся личности в совокупности с формирующими их средствами коммунистического деятельного воспитания и глубокой социальной ориентации экономической политики. Интересы всесторонне развитой личности выступают как внутренние социально-экономические потребности, становящиеся для развивающегося общественно деятельного, целостного субъекта практическими задачами, требующими активного решения. Эта активно-практическая направленность потребностей-интересов превращает их в центральное звено социально-экономического механизма управления и основу непосредственной мотивации человеческой деятельности.

Главное направление развития структуры потребностей, интересов, мотивов личности заключается в формировании качественно нового типа мотивации, включающего повседневную, уже не внешнюю, а внутреннюю потреб-

ность личности в творческом, напряженном, эффективном общественном труде. Поэтому возникает практическая задача превращения данного прогрессивного типа мотивации, присущего в настоящее время наиболее передовым активным работникам, в преобладающую форму мотивации широких трудящихся масс [7]. Тем самым социально-экономический механизм управления непосредственно нацелен на преодоление противоречия между исторически ограниченным характером труда работника и его потенциальными возможностями и на этой основе — на снятие противоречия между развитием производства, труда и развитием личности. Эта задача решается за счет использования активных социально-экономических регуляторов — средств экономической политики в сочетании со средствами воспитания, культурной ориентацией, развитием ценностных, нормативных характеристик, материального и морального стимулирования.

Понимаемый таким образом социально-экономический механизм представляет конкретный способ совершенствования способности социалистического общества управлять своим развитием, разрешать противоречия между элементами общественной системы, целями и средствами, «снимать» нарастающую сложность практической деятельности и управления в целом. Эти качества, в принципе присущие любому механизму управления (развитие способности механизма планирования совершенствовать саму плановую деятельность, организационные способности, совершенствовать организационную структуру управления и т. п.), наиболее полно реализуются в социально-экономическом механизме социалистического общества, в котором всестороннее развитие личности наиболее полно совпадает с ростом ее способности к самоадаптации, к управлению своим дальнейшим развитием.

## СРЕДСТВА КОММУНИСТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Возрастание роли субъективного фактора в системе производительных сил, которые в современных условиях во все большей степени опираются на качественные характеристики их роста, становление задачи всестороннего развития человека в условиях социалистической системы как главной цели и одновременно главного средства реа-

лизации социально-экономической политики — эти основополагающие посылки с неизбежностью предполагают существенное повышение значимости воспитательных средств в целостном механизме общественного управления. В современных условиях воздействие воспитательных средств на рост конечных народнохозяйственных результатов (оказываемое через прямое воздействие на повышение дисциплины труда и производства, ответственности, инициативности кадров и на другие характеристики сознательного отношения к труду) становится сопоставимым по значимости с эффектом таких высокоприоритетных механизмов управления, как планово-информационный или организационно-структурный. Природа возрастающей социально-экономической роли воспитательных средств отчетливо видна в контексте разработки К. Марксом и В. И. Лениным проблемы целостного индивида.

Марксов идеал всесторонне развитого человека представляет собой целостного деятельного общественного индивида, становящегося таковым в самом историческом процессе, в его активном преобразовании [1, с. 32—34]. Универсальность как черта всесторонне развитого человека, по К. Марксу, обретается человеком путем овладения всей массой культурного богатства и наращивания деятельных своих способностей.

Марксистская концепция целостного, всесторонне развитого человека получила дальнейшее развитие в трудах В. И. Ленина в тесной связи с решением задач коммунистического воспитания. Когда в первые годы Советской власти возник практический вопрос, чем заменить разрушенный буржуазный механизм принудительного манипулирования человеческим сознанием, В. И. Ленин в качестве принципиального ориентира социалистического движения выделил переход «к уничтожению разделения труда между людьми, к воспитанию... *всесторонне развитых и всесторонне* подготовленных людей» [3, т. 41, с. 33]. Подчеркивая исключительно большую роль воспитания трудящихся в решении актуальных задач социалистического строительства, В. И. Ленин отмечал, что единое, плановое руководство экономикой при социализме будет более успешным «при идеальной сознательности и дисциплинированности участников общей работы» [3, т. 36, с. 200]. Вместе с тем он считал, что базироваться в этой ключевой для социализма сфере только на самоизменении

сознания людей, на саморазвитии мотивационной структуры личности нельзя. Слишком медленно и противоречиво это движение. Поэтому В. И. Ленин в качестве актуальной задачи социалистического управления выдвигал «необходимость выработки систематических мер к повышению самодисциплины трудящихся» [3, т. 36, с. 145]. Среди этих мер главное внимание, по его мысли, должно уделяться созданию условий широкого участия трудящихся в управлении, сочетанию моральных стимулов с личным интересом работников и хозяйственным расчетом, развитию социалистического соревнования, широкому использованию передового опыта. «Сила примера, которая не могла проявить себя в обществе капиталистическом, получит громадное значение в обществе, отменившем частную собственность на земли и на фабрики,— не только потому, что здесь будут, может быть, следовать хорошему примеру, но и потому, что лучший пример организации производства будет сопровождаться неизбежным облегчением труда и увеличением суммы потребления для тех, кто эту лучшую организацию провел» [3, т. 36, с. 150]. В этом и заключается основной принцип воспитательного воздействия в условиях социализма, которое должно базироваться на обязательном сочетании положительного влияния прогрессивного идеала с социальной ориентацией производственно-хозяйственных решений и материальным стимулированием результатов труда. Лишь на следующей ступени общественного развития и воспитания, считал В. И. Ленин, может быть осуществлен переход к коммунистическому труду «без расчета на вознаграждение», «вне нормы», «без условия о вознаграждении» [3, т. 40, с. 315]. Тем самым сочетание моральных и материальных стимулов, в свою очередь, рассматривалось В. И. Лениным как этап, как средство достижения более высокой цели развития самосознания индивида. Причина — в неизбежной социальной ограниченности материальных стимулов и хозрасчета, который порождает известную противоположность интересов госпредприятий и трудящихся (см. [3, т. 44, с. 343]).

Не менее важно, как это многократно подчеркивал В. И. Ленин, построение процесса воспитания в тесной связи с практической деятельностью, ведение воспитательной работы в самом процессе труда: «Научить массу управлению, не книжному, не лекциями, не митингами, научить опытом...» [3, т. 37, с. 451]. Развивая эту клю-

чевую для обоснования путей коммунистического воспитания мысль, он писал, что «живое творчество масс — вот основной фактор новой общественности... Социализм не создается по указам сверху. Его духу чужд казенно-бюрократический автоматизм; социализм живой, творческий, есть создание самих народных масс» [3, т. 35, с. 57].

Разработанные В. И. Лениным на основе марксистской концепции целостного человека принципиальные основы коммунистического деятельного воспитания, обогащенные более чем шестидесятилетним практическим опытом социалистического строительства, дают надежную основу для решения сложных современных проблем общественного развития. Они позволяют выделить главные посылки, которые в совокупности определяют место процесса воспитания всесторонне развитого человека в социально-экономическом механизме управления:

— становление задачи сознательного отношения к труду не только как центральной, но и как первоочередной задачи коммунистического воспитания, как объективной необходимости и условия повышения производительности труда и общественного производства в целом;

— направленное осуществление воспитания как процесса развития культурно-деятельных способностей индивида (взамен усвоения готовых форм материальной и духовной культуры);

— реализация воспитательного процесса непосредственно в ходе практической, трудовой деятельности как его имманентной стороны;

— активная социальная ориентация всех форм материального стимулирования с их выходом за границы хозяйственной целесообразности в направлении воспитания качеств всесторонне развитой личности.

Таким образом, центральное место в механизме воспитания занимают средства воздействия на систему «потребности — интересы — мотивы» работников с позиций регулирования их трудовой и социальной активности. Это значит, что имеется актуальная необходимость расширения содержания воспитательного процесса, который в новых условиях включает в свои более широкие рамки средства не только морального, но и материального стимулирования, а также средства социальной ориентации планирования, хозяйственного расчета, оценки и расстановки кадров и другие инструменты экономической поли-

тики в той части, в какой они непосредственно воздействуют на потребности и интересы личности.

Закономерности содержательного расширения воспитательного процесса как процесса управления могут быть выявлены на основе анализа динамики взаимосвязей механизмов самосознания и экономической зависимости, регулирующих отношение работника к труду и его результатам.

Механизм самосознания как высшая ступень развития коммунистического сознательного отношения к труду выражает потребность в труде, ставшую главным элементом мотивационной структуры личности. Ценностная ориентация на содержание труда здесь является ведущим мотивом труда и непосредственно сказывается на постоянном повышении результатов трудовой деятельности. Управление мотивацией трудящихся на основе механизма самосознания заключается в общественной целевой ориентации трудящихся, их моральной мотивации и общественной поддержке развития качеств ответственности, инициативности, трудовой активности, способности к самостоятельным решениям, к самотворчеству, восприятию нововведений, постоянной устремленности к самосовершенствованию, самодисциплине. Неотъемлемым элементом условий, благоприятствующих росту самосознания, самодисциплины трудящихся масс, является также активизация традиционных средств воспитательного воздействия — системы политического и экономического образования, общественных форм воспитания, различных форм коллективного управления, форм участия трудящихся в управлении, социалистического соревнования.

Механизм экономической зависимости действует на основе мотивации положительного отношения работника к труду материальными стимулами — через заработную плату, премирование, финансовые санкции. В общем случае для воздействия на мотивационную структуру личности сила стимулов и санкций должна быть пропорциональна силе зависимости (в противном случае возникают рассогласование интересов и конфликт), а характер зависимости — соответствовать желаемым направлениям развития социально-экономической системы и тем самым задачам формирования качеств всесторонне развитой личности. Система зависимостей, в которую человек включен, представляет одновременно множество ролей социального пространства [22]. Этим одновременно очерчивается гра-

ница между разделением деятельности (и соответственно человека) на первичной стадии трудового воспитания и единством целостной деятельной личности. В первом случае человек контролируется ролями, во втором — свободно принимает или отвергает ролевые границы и формы поведения [8]. Вследствие этого переход от механизма принудительной зависимости к механизму самосознания представляет стратегию воспитания в системе общественного управления. Такой переход, однако, имеет сложный характер и во многом связан с проблемой соотношения уровней удовлетворения духовных и материальных потребностей. Уровень удовлетворения материальных потребностей выступает в основном как необходимое (но недостаточное) условие широкого проявления активной роли духовных сил человека и, следовательно, действия механизма самосознания. Последний развивается в значительной мере на основе механизма экономической зависимости (имея в то же время собственные культурно-образовательные стимулы развития). Соответственно социальная мотивация развития самосознания, самодисциплины работников более эффективно действует в условиях постоянного роста трудовых доходов. Уменьшение ограничений в области роста заработной платы и премиальных доплат при условии установления их прямой зависимости от результатов труда создает общий положительный социально-мотивационный фон развития механизма самосознания. Сложность здесь заключается в постоянном росте материальных потребностей и, следовательно, в повышении порога их удовлетворения как условия активного проявления и развития духовных сил. Это требует на определенных этапах расширения механизма экономического стимулирования, который способствует развитию общественно полезных навыков работника, улучшению материальных условий и тем самым расширению возможностей действия механизма самосознания.

Основное условие повышения результативности процесса воспитания состоит в повышении адекватности структуры стимулирующих средств мотивационной структуре личности. Такая адекватность предполагает следующие направления развития средств стимулирования:

— повышение разнообразия средств стимулирующего воздействия с их активизацией в сферах, развитие которых отстает от общественных требований (науки и техники, освоения передового опыта производства, сохранности

социалистической собственности, сохранения природной среды и др.);

— дальнейшая дифференциация средств стимулирования па уровнях трудовых коллективов и личности с более полным учетом отраслевых, региональных и конкретных производственных, культурно-исторических и социально-бытовых и индивидуальных условий;

— постоянное совершенствование стимулирующих средств (на основе анализа степени адекватности мотивационной структуры личности и стимулирующих средств), изменение их состава и силы в соответствии с целевыми установками и реальными сдвигами в мотивационной структуре личности.

Объективная необходимость более полной адекватности средств стимулирования и мотивационной структуры личности требует переориентации механизма стимулирования, который не должен ограничиваться связкой «стимул — экономический результат», а в явном виде включать дополняющее или опосредующее воспитательное воздействие в направлении роста самосознания и других качеств всесторонне развитой личности. На практике это может найти, например, выражение в существенно более активном и широком стимулировании прогрессивных форм и методов хозяйствования, в их широком распространении и усвоении каждым трудовым коллективом и работником[3]. Именно в передовом практическом опыте находят выражение качественные характеристики трудовой деятельности, свойственные всесторонне развитой личности социалистического общества. Пути решения проблемы повышения результативности экономического стимулирования нашли отражение в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. о совершенствовании хозяйственного механизма управления [5]. Они включают прежде всего совершенствование политики заработной платы как мотивационного фактора

[3] Это означает более активное стимулирование таких форм передового опыта хозяйствования, как увеличение объемов производства за счет рабочего и инженерного рационализаторства, повышения квалификации и профессионального мастерства работников, выполнение личных или бригадных повышенных (напряженных) производственных планов, сдача продукции с первого предъявления под личным контролем работника, сверхплановое повышение качественных характеристик продукции, пересмотр норм труда по инициативе рабочих, соревнование за сверхплановое снижение ресурсоемкости готовой продукции и др.

повышения производительности труда на основе более полного отражения в заработной плате личного вклада работника, результатов и условий труда, а также степени соответствия результатов народнохозяйственным целям, в том числе проведению рациональной политики занятости. Эти меры оказывают косвенное положительное воспитательное воздействие, стимулируя включение труда в мотивационную структуру личности.

Особое значение с позиций повышения результативности воспитательного процесса имеет связь мотивационного стимулирования на уровне отдельного работника и коллектива. В теории коммунистического воспитания коллектив закономерно признается как ведущий фактор положительного воздействия на мотивационную структуру личности. Коллектив опосредует влияние общества на личность, усиливает ее. Поэтому формирование дееспособного, активного, политически зрелого коллектива является объективно необходимым условием успешного ведения воспитательного процесса вообще и положительного мотивационного воздействия экономических стимулов в частности. Отсюда обязательное требование тесной увязки механизма формирования доходов работника и соответствующих экономических стимулов с результатами хозяйственной деятельности трудового коллектива. Более того, определяющая социально-воспитательная связь интересов коллектива и личности диктует экономическую стратегию стимулирования опережающих темпов фонда материального поощрения коллектива, тем самым способствуя консолидации коллективных интересов и усилению их воспитательного воздействия. Положительное воспитательное воздействие сопровождает внедрение метода бригадного подряда, что дополнительно (и, может быть, в решающей степени) определяет важность его широкого распространения. Переход от индивидуального наряда к бригадному хозрасчету стимулирует взаимную материальную ответственность, взаимоподдержку, благоприятный морально-психологический климат, обязательную оценку и немедленное осуждение каждого нарушения дисциплины как неэтичного поступка. Поэтому бригадная организация труда, именно за счет возрастания возможностей усиления воспитательного воздействия на личность, становится реальным механизмом всестороннего развития человека и одновременно на этой основе мощным фактором повышения эффективности общественного производства.

## РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ СОЦИАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Практика социально-экономического развития содержит в неразвитом виде такую форму взаимосвязи факторов производительности труда и всестороннего развития человека, которая заключается в непосредственном сочетании социальной и экономической ориентации хозяйственной политики и предполагает такие формы организации производства и потребления, которые создали бы благоприятную для всестороннего развития человека среду уже в самом процессе своего функционирования, а не только конечными результатами, как это характерно для традиционной хозяйственной политики. Другими словами, высокая социальная сбалансированность экономического роста как закономерность зрелого социализма достигается не только через рациональные пропорции и темпы роста конечного продукта, но и обязательно через качественно более высокие социальные характеристики самого производственно-распределительного процесса.

Эти качественные характеристики производства и потребления, конечно, зависят от возможностей общества и, следовательно, от величины конечного продукта. Однако, во-первых, в своей существенной части они определяются уровнем организации труда, принятыми формами организации производства, политикой его размещения, формами расселения (размещением, величиной, взаимосвязями населенных мест), распределения общественных фондов потребления, а также хозяйственного механизма. Во-вторых, социальная ориентация, понимаемая не как простой рост потребления, а как развитие культурно-творческих способностей, социально-политических и нравственных качеств всесторонне развитой личности, каждым шагом своей реализации закладывает фундамент развития качественных факторов роста производительности общественного производства. Поэтому есть полные основания считать, что глубокая социальная ориентация производства и потребления будет активно содействовать более полному совпадению интересов общества и личности, повышению дисциплины труда, снижению потерь сырья, топлива, энергии и т. п., т. е. реализации тех факторов экономического роста, которые непосредственно связаны с достигнутым уровнем сознательности и экономической ответственности работника. Природа глубокой социальной

ориентации экономической политики не может быть сведена к повышению благосостояния населения в элементарном смысле этого слова. Конечно, высокий уровень удовлетворения материальных потребностей населения неотделим от достигаемого уровня всестороннего развития человека. Вследствие этого социальная ориентация экономической политики включает в себя установление социально обоснованных пропорций производства и потребления, направленных на ускорение роста потребления (при его рациональной структуре). Не менее важна также рационализация распределительных отношений в направлении большего равенства возможностей всех членов общества в пользовании произведенными благами и услугами. Поэтому требования социальной ориентации производства и потребления необходимо в полной мере отражать в экономическом, планово-информационном, организационно-административном и в других механизмах управления.

Вместе с тем целостная личность — не пассивный продукт внешних обстоятельств, но представляет собой саму развивающуюся творческую способность к усвоению и расширенному воспроизводству достижений культуры общества. Ведь развитие способностей человека не может происходить иначе, как через включение его в активную культурно-творческую деятельность. «Участвуя в труде, в производстве, в различных формах общественной деятельности, они (люди.— *А. К.*) усваивают богатства этого мира и таким образом развивают в себе те специфические человеческие способности, которые в этом мире кристаллизованы, воплощены» [15]. Тем самым глубокая социальная ориентация хозяйственной политики означает, во-первых, ориентацию на увеличение свободного времени трудящихся и соответственно — на сокращение рабочего времени (включая сокращение непроизводительных затрат времени на поездки к местам работы и культурно-бытовым центрам, а также в домашнем хозяйстве); во-вторых, на повышение содержательности рабочего и свободного времени; в-третьих, на создание условий для эффективного ведения процесса коммунистического воспитания активной, деятельной личности. Объективно необходимо создать внутренние предпосылки и условия активной, творческой, прежде всего трудовой, деятельности индивида, ускорить изменения в самом содержании труда — процессы его интеллектуализации, сокращения ручного труда, улучшения условий труда, увеличения возможно-

стей для проявления открытого Марксом закона перемены труда.

Эти принципы зрелого социалистического общества нашли всестороннее выражение в решениях XXVI съезда КПСС по социальной ориентации экономической стратегии развития СССР на восьмидесятые годы: обеспечить «неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа, создание лучших условий для всестороннего развития личности на основе дальнейшего повышения эффективности всего общественного производства, увеличения производительности труда, роста социальной и трудовой активности советских людей» [4, с. 136].

В дальнейшем такая глубокая социальная ориентация на глобальном, народнохозяйственном уровне должна получить конкретизацию на более частных уровнях — во всей системе отраслевых и территориальных, плановых и исполнительных, производственных и распределительных решений. Здесь, однако, имеется немало нерешенных как теоретических, так и практических проблем. Существует, например, распространенная точка зрения, согласно которой частные производственные задачи могут быть «экономизированы», так как они не связаны непосредственно с высшими общественными целями, а «социализация» результатов частных решений может быть осуществлена позже на уровне механизма распределения. Эта позиция находит отражение в придании абсолютных приоритетов производственно-экономическим целям предприятий и недооценке последствий недостаточного достижения социальных целей. В конечном счете такая позиция приводит к социальной несбалансированности экономического развития — отставанию жилищно-гражданского строительства от производственного, сохранению высокого уровня ручного труда, загрязнению окружающей среды, проявляется в ограниченном продвижении в области улучшения условий труда, повышенной текучести рабочей силы и т. п.

Следует, однако, сказать, что даже если бы в каком-то хозяйственном звене задались целью реализовать социальную ориентацию, то сделать это было бы чрезвычайно сложно вследствие неподготовленности действующей системы экономических и организационно-методических рычагов, показателей, нормативов, правил, указаний, ограниченности выделяемых на социально-экономические цели ресурсов, запутанности их планирования, отсутствия свободных строительно-монтажных мощностей и т. п.

Решение назревших острых социально-экономических проблем на основе глубокой социальной ориентации хозяйственной политики означает необходимость выдвижения на первый план новой сбалансированной в социальном отношении системы приоритетов в деятельности каждого звена производства, распределения, управления. Это, однако, не предполагает прямого подчинения технологических и экономических решений социальным требованиям, что привело бы к нарушению закономерностей функционирования социально-экономических систем как целостных комплексов материальных и духовных процессов и компонентов. Одновременный учет закономерностей целостного функционирования социально-экономических систем и важнейшей роли человеческого компонента определяет целесообразность дальнейшего развития комплексного подхода к принятию и реализации хозяйственных решений, в том числе на глобальном уровне, с явным приоритетом социальных целей (как широких целей всестороннего развития человека), а на локальном — с равными приоритетами производственных, экономических, научно-технических, социальных и экологических целей.

Другое важное требование глубокой социальной ориентации хозяйственной политики — более тесная увязка целей всестороннего развития человека и средств их реализации. Такая увязка может быть достигнута на основе усиления социальной ориентации научно-технических и инвестиционно-строительных решений, доведенной до уровня каждой машины и технологического процесса, каждого вновь строящегося или реконструируемого объекта. При этом речь идет об изменениях практически во всех звеньях хозяйственного механизма — системах планирования, проектирования и финансирования, распределительных отношениях, организации хозяйственного расчета, стиле управления, методологических основах экономической политики, организационной структуре управления.

Рассмотрим отдельные принципиальные вопросы совершенствования средств усиления социальной ориентации хозяйственной, экономической политики. Главным из них является повышение комплексности и социальной сбалансированности планирования с более полным учетом прямых и обратных взаимосвязей производства и потребления, а также необходимость структурных сдвигов в ре-

сурсно-отраслевой политике в направлении ускорения развития сфер народного хозяйства с повышенным вкладом в решение социальных задач всестороннего развития личности.

Социальная сбалансированность экономического роста как важнейшее проявление глубокой социальной ориентации хозяйственной политики определяется принятыми плановыми пропорциями и структурой производства и потребления, которые, в свою очередь, зависят от соотношения текущих и будущих потребностей социально-экономического развития. Объективно это предполагает ориентацию на достижение максимального интегрального для каждого планового периода фонда удовлетворения потребностей населения при одновременном обеспечении необходимых производственно-экономических условий эффективного развития народного хозяйства в будущем [23]. Определяемая на данной основе доля ресурсов, выделяемых на потребление в СССР, достаточно высока (до 80% национального дохода) и, видимо, не может быть повышена без ущерба для будущего экономического развития. В таких условиях главные возможности повышения социального сбалансирования экономического роста заключаются в оптимизации внутренних структурных пропорций производства и потребления с позиций создания наилучших условий для всестороннего развития человека.

В области производства главные структурные сдвиги, планово реализующие глубокую социальную ориентацию в экономической политике, состоят в опережающем научно-техническом и технологическом развитии отраслей, сокращающих долю ручного труда, производящих товары широкого потребления и продовольственные продукты, а также развитии материальной базы жилищно-гражданского строительства. В области потребления структурные сдвиги (отнеся к сфере потребления услуги, а также гражданское строительство) необходимо ориентировать на более сбалансированное и комплексное удовлетворение материальных и духовных потребностей населения; на опережающее развитие «потребления культуры», повышение качества всех видов услуг, предоставляемых населению.

К наиболее социально приоритетной сфере относится необходимость повышения качества условий проживания в их широком понимании, включая полный комплекс жилищных, коммунально-бытовых, культурных и рекреа-

ционных условий, а также целенаправленную политику развития новых форм расселения, в которых преодолевается неравноценность социальной сферы населенных мест, различных по величине и народнохозяйственному профилю. Решение этой задачи, основанной на динамично повышающемся, планово устанавливаемом, регионально-дифференцированном комплексном стандарте условий проживания и создании условий пространственно-временной и экономической доступности центров культуры и образования, имеет перспективы стать основой крупномасштабной социальной программы. Программная постановка задачи повышения качества условий проживания предполагает, что удовлетворение потребности в жилище, детских и массовых спортивных, культурно-бытовых и рекреационных учреждениях не растягивается на долгие годы и получает приоритет по ресурсообеспечению.

С реализацией программы комплексного улучшения условий проживания населения тесно связаны и пересекаются меры по совершенствованию распределительных отношений, где также возникает задача их более целеустремленной ориентации на стимулирование процесса всестороннего развития человека. «... Развитие же производства,— по словам Ф. Энгельса,— больше всего стимулируется таким способом распределения, который позволяет всем членам общества как можно более всесторонне развивать, поддерживать и проявлять свои способности» [2, т. 20, с. 206]. С позиций ускорения движения к достижению цели всестороннего развития человека способ распределения благ и услуг должен, помимо уже намеченной социально-культурной ориентации, обладать более ясно выраженными мотивационными воздействиями на согласование интересов общества, коллектива и личности, на рост сознательного отношения к труду, развитие социалистического образа жизни, решение социально-демографических задач. Здесь большое значение имеют совершенствование распределения общественного фонда потребления на основе преодоления узковедомственного подхода к распределению благ и услуг, регулирование соотношения розничных цен, улучшение пенсионного обеспечения в соответствии с динамикой реального уровня жизни населения, расширение исследований закономерностей спроса населения и его направленного формирования с использованием механизма цен и ряда других мероприятий. Требуется также развитие совокупности методов и

средств, обеспечивающих полное соответствие результатов производства социально-экономическим потребностям, включая расширение в организационных структурах управления звеньев, отвечающих за исследование потребностей и обеспечение соответствия им производства, координацию взаимосвязей производства и потребления.

Реализация всего комплекса мер по глубокой социальной ориентации экономической политики зависит от того, в какой степени такая ориентация затронет хозяйственный механизм управления и его центральное звено — систему планирования. Плановый механизм представляет в условиях социалистического общества наиболее мощный инструмент, позволяющий привести всю систему хозяйственных решений в соответствие с задачами всестороннего развития человека, достигнуть прогрессивной структуры распределения ресурсов с их ориентацией на максимизацию не только экономического, но и долгосрочного социального эффекта. Это предполагает развитие методологии комплексного планирования, позволяющей осуществлять многоаспектный анализ хозяйственных решений. Такой анализ с явным учетом высокоприоритетных социальных целей представляет собой необходимую составную часть всей системы планово-методических документов, направляющих принятие и реализацию хозяйственных решений. Практической задачей становится также снабжение каждой новой машины и технологического процесса социальным паспортом, в котором должны найти отражение характеристики условий культуры труда, требования к профессиональной квалификации работников и т. п. Необходимо, чтобы каждое новое техническое устройство проходило проверку на соответствие комплексным социальным критериям. Особенно важно иметь в виду мультипликационный (т. е. нарастающий и постоянно умножающийся) долгосрочный характер эффекта ускорения процесса всестороннего развития человека, который оправдывает глубокую социальную ориентацию технической политики, даже если она не ведет к немедленному экономическому эффекту (например, в части улучшения условий и культуры труда). Отсюда следует расширение границ экономической целесообразности и обоснованности внедрения новой техники с улучшенными социально-экономическими характеристиками.

Степень реализации глубокой социальной ориентации экономической политики будет во многом зависеть от до-

стижения общей сбалансированности народнохозяйственного плана по ресурсам, ибо нарушение такого баланса в любом звене народного хозяйства является демотивационным фактором, резко затрудняющим воспитание сознательного отношения к труду. Признание мощного воздействия социальной сферы на развитие экономики служит дополнительным существенным стимулом ускоренного перехода на интенсивный путь развития народного хозяйства. Практически каждое действующее промышленное предприятие для перехода на высокоэффективный режим работы нуждается в значительных средствах и научно-технической помощи для лучшего использования и обновления основных фондов, комплексного снабжения новой техникой с улучшенными характеристиками условий труда, налаживания научной организации труда, значительного развития производственной, социальной, природоохранной инфраструктуры и решения других хозяйственных и конкретных социальных задач.

Таким образом, объективная необходимость глубокой социальной ориентации экономической политики в социалистическом обществе ставит качественно новые задачи перед теорией и практикой хозяйственного управления, требуя развития принципов принятия и реализации планово-экономических решений, основанных на учете возрастающей роли социально-экономического механизма управления, от которого зависит реальная степень достижения цели всестороннего развития человека. Социально-экономический механизм представляет общественный «регулятор большой мощности», работающий на основе принципа «обратной связи» экономических и социальных процессов, позволяющий преодолеть состояние противоречивости и взаимопоглощения труда и личной жизни работника и перейти к состоянию их взаимной мотивации и поддержки. В результате повышения роли социально-экономического механизма управления с расширением активного экономического воздействия субъективного фактора может быть обеспечен дополнительный экономический и социальный результат каждого хозяйственного мероприятия, причем результат, обладающий мультипликационным действием на производительную силу труда. Закономерности функционирования и развития такого регулятора, в том числе тесная связь задач социально-экономического развития и воспитания, нуждаются в широких теоретических и прикладных исследованиях.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Избр. произведения в трех томах. Том 1. М.: Политиздат, 1980.
2. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч., 2-е изд.
3. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч.
4. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981. 223 с.
5. Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. М.: Политиздат, 1979. 64 с.
6. *Афанасьев В. Г.* Человек в управлении обществом. М.: Политиздат, 1977. 382 с.
7. *Ахиезер А. С.* Научно-техническая революция и некоторые социальные проблемы производства и управления. М.: Наука, 1974. 309 с.
8. *Батищев Г. С.* Понятие целостного человека и перспективы коммунистического воспитания.— В кн.: Проблема человека в «Экономических рукописях 1857—1859 гг. К. Маркса». Ростов н/Д. Изд-во Рост. ун-та, 1977, с. 25—63.
9. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
10. *Гвишиани Д. М.* Организация и управление. М.: Наука, 1972.
11. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—26.
12. *Дракер П.* Роль управления в новом мире.— В кн.: Современные тенденции в управлении в капиталистических странах. М.: Прогресс, 1972, с. 277—289.
13. *Ковалевский С.* Научные основы административного управления. М.: Экономика, 1979. 232 с.
14. *Кочетков А. В.* Экономическая эффективность градостроительных решений. М.: Стройиздат, 1980. 143 с.
15. *Левада Ю. А.* Сознание и управление в общественных процессах.— Вопр. философии, 1966, № 5, с. 62—73.
16. *Леонтьев А. Н.* Проблемы развития психики. М.: Мысль, 1965.
17. Научно-техническая революция и социализм. М.: Политиздат, 1973. 366 с.
18. *Паестка Ю.* Опыт интенсификации экономического развития при социализме. М.: Наука, 1980. 262 с.
19. *Рапопорт В. С.* Методологические проблемы системных исследований организационно-экономического механизма управления.— Наст. издание.
20. Совершенствование механизма хозяйствования в условиях развитого социализма. М.: Экономика, 1975. 318 с.
21. *Тихомиров Ю. А.* Механизм управления в развитом социалистическом обществе. М.: Наука, 1978. 335 с.
22. *Хорват Ф., Кучера Я.* К теории социальной зависимости.— В кн.: Математика в социологии: Моделирование и обраб. информ. М.: Мир, 1977, с. 170—200.
23. *Шаталин С. С.* Улучшая методы социалистического хозяйствования.— Коммунист, 1980, № 17, с. 24—38.
24. *Breed W.* The self-guiding society. N. Y.; L.: Wiley, 1975.
25. *Lackey G.* Strategy for a living revolution. N. Y.: Wiley, 1973.

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ

В. С. РАПОПОРТ

## ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Главная задача совершенствования управления, повышения уровня хозяйствования во всех звеньях экономики, определенная в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», состоит в совершенствовании хозяйственного механизма и усилении его воздействия на повышение эффективности производства и качества работы в сочетании с улучшением организационной структуры управления, его стиля и методов [8]. Опыт совершенствования планирования и экономического стимулирования, накопленный в ходе осуществления хозяйственной реформы, позволил разработать комплекс мероприятий, обеспечивающих создание качественно нового экономического механизма взаимоотношений участников общественного производства в процессе достижения народнохозяйственных целей [13]. Уже в ходе анализа возникших проблем и разработки соответствующих мероприятий выявилась объективная необходимость организационного обеспечения последних путем всестороннего улучшения организации управления народным хозяйством на всех уровнях [14]. Правильность такой постановки вопроса подтверждена XXVI съездом КПСС.

Речь идет о комплексном подходе к развитию системы управления, где требуется принятие органически связанных, взаимообусловленных решений по совершенствованию всех аспектов процесса управления — экономических, организационных, информационных, психологических, обеспечивающих достижение его максимальной эффективности. Повторение ситуаций, когда развитие организационного механизма отстает от экономического и наоборот, становится крайне нежелательным, так как значительно замедляет прогресс в совершенствовании управления. В ходе решения этой практической задачи перед организационно-экономической наукой возникают в пер-

вую очередь серьезные методологические проблемы, связанные, в частности, с применением системного подхода.

За последние два десятилетия представление о производственно-хозяйственной организации как о сложной социально-экономической системе стало общепризнанным, что обусловило развитие нового методологического подхода к анализу процессов управления [15, 24, 28, 30]. Системный подход к управлению организацией значительно расширил представление о предмете анализа и совершенствования, позволил выделить многие элементы и факторы, ранее не принимавшиеся во внимание, заставил изучать и квантифицировать существенные системообразующие отношения и связи. Это привело не только к расширению области применения научных методов анализа и проектирования систем управления, но и к получению многих полезных практических рекомендаций, реализованных в сфере хозяйственного руководства.

Выделение различных по характеру элементов систем управления — экономических, технических, информационных, организационных, социально-психологических, рассмотрение каждого из них как предмета особого исследования привело к тому, что, кроме экономистов, совершенствованием управления занялись и специалисты многих других наук. Однако, несмотря на очевидное единство цели и объекта, данные исследования до сих пор не превратились в *междисциплинарные*. Каждый вид отношений в системе управления анализируется самостоятельно, что сопровождается частичными и зачастую несогласованными усовершенствованиями. Типовыми среди них являются изменения организационных структур управления, переход к новым методам планирования, учета, контроля, стимулирования, оснащение процессов управления информационно-вычислительной техникой, улучшение организации и условий управленческого труда.

Все эти направления развития систем управления требуют, конечно, применения разного методического аппарата и специализированной разработки. Однако, поскольку они относятся к одному объекту, они должны быть увязаны друг с другом по существу. Данная проблема пока еще не разработана ни методологически, ни методически. В лучшем случае делаются попытки при изменении одних элементов системы управления учесть состояние других, которое воспринимается обычно как некое ограничение

или условие функционирования. Еще реже анализируются последствия осуществляемых изменений на эффективность развития отношений в других подсистемах. Практически неизвестны примеры взаимосвязанного преобразования нескольких элементов как единого предмета совершенствования.

В аппарате управления производственных организаций существуют специализированные подразделения, каждое из которых обычно занимается разработкой и внедрением соответствующего типа нововведений: отделы организации управления, научной организации труда, экономического анализа, АСУ и т. д. Отраслевые и межотраслевые проектные, научно-исследовательские и другие организации, которые выполняют разрабатывающие и консультативные функции по управленческим нововведениям, в большинстве своем также специализируются на отдельных типах нововведений: одни — на анализе и разработке организационных структур, другие — на создании АСУ, третьи — на совершенствовании методов планирования и экономического стимулирования. Таким образом, преобладает ярко выраженный *многодисциплинный* (а не междисциплинарный) подход к совершенствованию систем управления.

Однако и теоретический анализ, и практика показывают, что частичные совершенствования системы управления при всей их обоснованности дают недостаточный эффект. Это объясняется рядом причин.

Во-первых, невозможно полностью реализовать эффект от отдельных нововведений без осуществления других типов усовершенствований системы управления. Так, улучшение использования рабочего времени специалистов за счет лучшей организации управленческого труда не дает реального эффекта без постановки новых задач и соответственно изменения организационной структуры. Совершенствование планирования и учета требует изменения информационного обеспечения и соответствующих нововведений в системе обработки данных.

Во-вторых, возможность и качество совершенствования отдельных элементов системы управления зависят от состояния других элементов, выступающего в качестве существенного ограничения. Так, без электронной обработки данных невозможно решение многих оптимизационных задач планирования. Развитие хозрасчета в аппарате управления зависит от качества его организационной струк-

туры. Последняя во многом определяется производственно-технологической структурой и т. д.

В-третьих, многие управленческие нововведения затрагивают одних и тех же работников аппарата управления, хотя и в разных аспектах. Зачастую их влияние может быть противоречивым или по воздействию на интересы работников, или по потреблению ограниченных ресурсов. Так, специализация работников повышает их производительность при выполнении отдельных работ, но снижает ответственность за достижение конечных результатов. Централизация распорядительства ресурсами обеспечивает скоординированность их использования, но приводит к перегрузке высших руководителей.

Таким образом, есть объективная необходимость осуществлять не частичное, а комплексное совершенствование системы управления. Методология, методы и организация такой работы коренным образом отличаются от традиционной практики изолированных преобразований и нуждаются в научном исследовании и разработке. Здесь, в первую очередь, требуется решение *методологической проблемы выделения предмета совершенствования*, а следовательно, и определения цели преобразований.

Принятый сегодня подход, состоящий в осуществлении совокупности частичных совершенствований системы управления по едипому, так называемому «комплексному» плану, недостаточно эффективен. Во-первых, практически невозможно выделить ни среди внутренних подразделений аппарата управления, ни среди внешних консультирующих и проектных организаций звено, способное научно обоснованно разработать и реализовать такой комплексный план. Во-вторых, в значительной степени механическое объединение разрозненных управленческих нововведений в некий общий план не позволяет применить методологию системного анализа к разработке и принятию каждого конкретного решения. В-третьих, при таком подходе отсутствует методическая основа для агрегирования планов отдельных подсистем (например, предприятий или объединений) в целостные планы систем более высокого порядка (отраслей). Все, вместе взятое, создает серьезнейшие препятствия для организации централизованного руководства работой по развитию систем управления на всех уровнях и ее научного и нормативно-методического обеспечения.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ КАК СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ ОТНОШЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ

Альтернативой механического сведения в единый «комплексный» план разнородных, разработанных без органической увязки друг с другом преобразований системы управления является анализ и упорядочение *комплексных отношений управления*, отражающих все аспекты взаимодействия компонентов социально-экономических систем — экономические, социально-психологические, организационные и т. п. Под отношениями управления мы понимаем здесь интегративные свойства каждой пары взаимодействующих компонентов системы, обусловленные их природой, функциями, целями и ролями в процессе принятия решений, которые определяют характер влияния элементов друг на друга при их целенаправленном функционировании.

Единственной доступной восприятию формой проявления отношений являются связи элементов. Каждая *связь* представляет собой процесс целенаправленного, вызванного наличием отношений обмена элементов материалами, энергией или информацией. Как правило, разделение отношений управления на типы обусловливается тем, через какие связи они преимущественно проявляются — административные, материальные, информационные. Соответственно выделяются и структуры — организационная, производственная, экономическая и др.

С точки зрения методологии структурно-функционального анализа допускается выделение из взаимосвязанной системы отдельных элементов и отношений с целью изучения их специфических свойств. Поэтому можно считать корректным и обоснованным рассмотрение каждого вида связей и определяющих их аспектов отношений управления. Однако при системном анализе общие закономерности вытекают из рассмотрения каждого элемента как некоей целостности со своими не делимыми механическим путем свойствами. Поэтому можно предположить, что если отношение управления есть определенное интегративное свойство любой конкретной пары компонентов системы, то данное свойство должно быть целостным в такой же мере, в какой целостны подсистемы, рассматриваемые в виде компонентов.

Это означает, что все известные нам аспекты отношений управления — экономические, социальные, организационные и т. п.— *образуют некую структуру, т. е. характеризуются своей собственной внутренней упорядоченностью в рамках, как мы его будем называть, комплексного (общего) отношения компонентов.*

Трудность состоит в том, что если отдельные аспекты отношений управления проявляются через конкретные виды связей, а потому конкретно воспринимаются, то комплексные отношения как системные свойства, генерирующие целый набор связей, непосредственно не воспринимаются. При изучении, описании и анализе их требуется некоторая абстрактная формализация. В этом, по-видимому, одна из главных причин игнорирования комплексных отношений управления представителями конкретных научных дисциплин: экономистами, кибернетиками, социологами. Общие отношения управления — типичный предмет системных исследований. Они являются многокомпонентными, взаимообусловлены и обладают свойствами транзитивности[1]. Они также не могут быть исследованы в рамках одной конкретно-научной дисциплины, а только — с точки зрения междисциплинарного подхода. Потребность в изучении и анализе комплексных отношений управления обусловлена задачами практической деятельности, прежде всего реализации системы мер, предусмотренных Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. о совершенствовании хозяйственного механизма.

Наряду с понятием «хозяйственный механизм», которое не имеет достаточно строгого общепринятого определения, допустимо и целесообразно, по нашему мнению, применять понятие «организационно-экономический механизм», которое является более операциональным. В основе анализа такого механизма должно лежать рассмотрение организационно-экономических отношений (как формы комплексных отношений) и всего набора определяемых ими связей. Термин «организационно-экономические отношения» появился в научной литературе относительно недавно [1, 21], причем именно в тех работах, где делается попытка рассмотреть хозяйственный механизм управления с точки зрения системного подхода. В большинстве случаев

[1] Этот вывод мы делаем на том основании, что специфические аспекты отношений управления — организационные и информационные — обладают таким свойством.

этот термин используется еще без строгого определения, главным образом для того, чтобы подчеркнуть тесную взаимосвязь организационных и экономических отношений управления.

В связи с этим значительный интерес представляет анализ хозрасчетных отношений как некоторой целостной и конкретной формы экономических отношений. В. В. Радаев, например, рассматривает хозяйственный расчет как особую подсистему социалистических производственных отношений [17]. Анализ структуры и содержания хозрасчета, проведенный в других работах [3, 21], позволяет выявить в нем ярко выраженные организационные аспекты, неразрывно связанные с их экономической сутью. Исследование организационных проблем управления также подтверждает наличие органической взаимосвязи обоих типов отношений. При рассмотрении, например, форм и методов программно-целевого управления нам удалось достаточно конкретно показать наличие целостного организационно-экономического механизма, определяющего эффективность применения матричных схем взаимодействия [18, 19].

Таким образом, можно говорить о реальности существования комплексных отношений управления, которые проявляют себя по крайней мере в форме организационно-экономических отношений. Предварительный анализ показывает, что и все другие аспекты отношений управления целесообразно рассматривать в тесной связи с организационно-экономическими.

Под *организационно-экономическим механизмом* будем понимать определенный и особым образом регламентированный порядок осуществления связей между органами и лицами, принимающими решения об использовании ресурсов системы для достижения установленных целей. Эта формула охватывает все возможные комбинации связей в производственно-хозяйственной организации, обусловленных как экономическими, так и организационными аспектами отношений управления.

Моделирование организационно-экономического механизма в вышеуказанном смысле обладает значительными преимуществами по сравнению с изолированным рассмотрением только организационных или только экономических связей. Так, на низших уровнях организационной иерархии, где осуществляется главным образом оперативное регулирование производственных процессов в рамках

заданных условий и ограничений, экономические отношения однообразны и стабильны, а реализующие их связи представляют собой определенный инвариант для всего диапазона организационных взаимодействий. Для описания и анализа этих уровней в качестве объективной характеристики может выступать только организационный механизм.

Для организационно обособленных хозяйственных единиц или их автономных подразделений, напротив, организационные связи при заданной цели существенно не меняются и предельно регламентированы общегосударственными нормативными актами, а процесс их взаимодействия регулируется в основном экономическими связями. Поэтому описание и анализ этих уровней предпочтительнее осуществлять путем моделирования экономического механизма.

Для высших уровней управления народнохозяйственными системами — отраслевыми и территориальными — доминанта опять меняется. Здесь наиболее активными становятся организационные отношения, механизм реализации которых становится важнейшей характеристикой системы. Поэтому системное описание и анализ любой достаточно большой организации с помощью только организационной или только экономической модели затруднены, а в большинстве случаев невозможны. Использование для данных целей модели организационно-экономического механизма становится единственной приемлемой альтернативой, отвечающей требованиям системного подхода и обеспечивающей объективное отражение процесса управления.

Следует отметить также еще одно существенное обстоятельство. Как организационная структура управления, так и структура экономических отношений для каждого типа производственно-хозяйственных систем при определенном уровне развития производственных отношений достаточно стабильны, и их многообразие в сложившихся условиях функционирования ограничено. Организационно-экономический механизм, который согласно приведенному выше определению характеризуется составом, последовательностью и порядком связей в системе управления, гораздо более динамичен и многообразен, он значительно лучше может быть приспособлен ко всей совокупности переменных факторов, обусловливающих взаимодействие элементов системы. Это превращает его в действенный

инструмент комплексного совершенствования системы управления и повышения ее эффективности.

При разработке методологии системного исследования комплексных отношений управления необходимо и полезно использовать уже имеющийся аппарат системного анализа отдельных их аспектов [6]. В данной связи значительный интерес представляют достижения в развитии методических подходов к формированию организационных структур и механизмов управления. В этой области методология системного анализа и проектирования используется наиболее успешно.

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ФОРМИРОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ

В 60—70-х годах анализ и совершенствование организационных структур стали рассматривать как основное направление научной организации систем управления. Сейчас уже можно назвать несколько десятков серьезных научных работ, посвященных результатам исследований в этой области. Более того, развитие организационных форм объективно стало одним из ключевых направлений практической деятельности по повышению эффективности управления. Это со всей определенностью отмечено в решениях съездов КПСС, в директивных материалах коммунистических партий всех социалистических стран. Промышленные фирмы и корпорации развитых капиталистических стран также уделяют большое внимание совершенствованию организационных структур управления на научной основе.

Основными причинами такого «организационного бума» можно считать усложнение отношений управления в условиях все более развивающихся разделения и кооперации труда, возрастающую потребность в координации в связи с ростом масштабов и усилением функциональной специализации систем управления, появление новых организационно-технических возможностей и потребность в их теоретико-методическом осмыслении и обосновании для широкого использования на практике. Эти тенденции, по-видимому, сохранят свое существенное значение и в будущем, что обусловливает необходимость дальнейшего развития научных исследований в данной области.

К настоящему времени сложилось и достаточно широко применяется несколько методических подходов к ана-

лизу и формированию организационных структур управления, которые не являются взаимоисключающими, но имеют ряд принципиальных отличий.

В промышленности СССР, например, широкое распространение имеет *нормативно-функциональный подход* к проектированию организационных структур управления. Он основывается на максимальном использовании стандартизованных вариантов линейно-функциональных структур управления, наиболее утвердившихся в практике, и укрупненных нормативов численности по типовой номенклатуре функций управления, разработанных с помощью корреляционного анализа по статистическим данным [7, 16, 20].

Такой подход способствует унификации организационных схем управления на предприятиях отрасли и в однородных отраслях, упорядочению численности служащих и штатных расписаний, регламентации административно-управленческих расходов. В условиях, когда на многих предприятиях отсутствовал элементарный порядок в построении организационных схем, ряд функций управления многократно дублировался, а многие не были обеспечены исполнителями, когда не только на предприятиях, но даже в крупных объединениях и министерствах ощущался острый недостаток в специалистах по организации управления, применение методик, основанных на этом подходе, безусловно, сыграло положительную роль в упорядочении организационного проектирования. Однако его сугубо нормативный характер, ориентация на застывшую и усредненную номенклатуру функций, использование статистических оценок трудоемкости и только апробированных организационных решений не позволяют применить его для разработки принципиально новых или радикального совершенствования действующих структур. Кроме того, оторванность этой методики от организационного механизма принятия управленческих решений мешает разрабатывать на ее основе полноценные рекомендации по распределению полномочий, информационных и технологических связей.

Расширение работ по проектированию автоматизированных систем управления привело к усиленной проработке вопросов, связанных с технологической и информационной основой управления. Для решения данных вопросов требуется осуществление больших объемов исследовательских и проектных работ, привлечение к их

выполнению высококвалифицированных специалистов. Разработки ряда научно-исследовательских и проектных институтов привели к формированию нового подхода к проектированию организационных структур, который можно назвать *функционально-технологическим* [11, 22].

Основная особенность такого подхода состоит в том, что организационные отношения и связи в управленческом аппарате проектируются и регламентируются на основе рационализации технологических и информационных моделей, прорабатываемых с учетом требований к эффективности системы и возможностей использования высокопроизводительных технических средств обработки информации. Функционально-технологический подход достаточно универсален, позволяет разрабатывать системы управления для впервые создаваемых производственно-хозяйственных организаций и совершенствовать действующие. Его нормативная база является гибкой и учитывает развитие организационных решений. Сфера его применения расширяется по мере развития работ в области научного обоснования и проектирования АСУ.

Однако, помимо высокой трудоемкости и сложности проектирования, вызванной индивидуальным подходом к обследованию и разработке каждой системы, функционально-технологический подход в его чистом виде обладает еще целым рядом недостатков. Во-первых, он основывается на подчинении организационной структуры управления технологии машинной обработки информации, рассмотрении отношений управления как функции только информационно-технологических связей. Во-вторых,— на изучении стабильной номенклатуры сложившихся функций управления, не связанных с реальной системой целей организации. Наконец, в-третьих, применяемые методики не ориентируются на проработку и регламентацию организационных связей и процедур в процессе управления: прав, ответственности, взаимодействия исполнителей. Эти вопросы остаются при проектировании структуры нерешенными, что значительно снижает эффективность проектов и затрудняет их внедрение.

Расширение системы целей производственных организаций, необходимость частого изменения их в соответствии с требованиями развития, повышения сложности и комплексности функций управления привлекают все большее внимание исследователей к рассмотрению вопро-

сов целевой ориентации организационных структур. С учетом новых требований к организационному проектированию и на основе современных теоретико-методологических концепций разработан новый подход к формированию структур управления производством, который в нашей стране получил известность как *системно-целевой* [9, 12, 23, 24]. Его отличительные особенности:

— определяется система целей производственно-хозяйственной организации и разрабатывается их структура;

— функции управления формулируются в непосредственном соответствии со структурой целей;

— осуществляется не только технологическое и информационное, но и организационное моделирование процессов управления;

— разрабатывается полный организационный механизм выполнения функций управления на всех уровнях структуры;

— проектируются организационные формы не только линейно-функционального, но и программно-целевого управления.

Как показал опыт применения методики, основанной на системно-целевом подходе, при проектировании организационных структур управления для ряда крупных объединений и производственно-хозяйственных комплексов, она обладает определенными преимуществами. К ним можно отнести возможности обеспечить максимальное соответствие структуры управления производственным требованиям и условиям, использовать разнообразные организационные формы, учитывать наиболее прогрессивный организационный опыт, соединить процесс проектирования структуры с ее освоением. Найденные на основе нового подхода организационные решения подтвердили по результатам многолетних экспериментов и свою высокую экономическую эффективность. Однако расширение научных исследований в области анализа и развития организационных структур управления, применение более совершенного методического аппарата их формирования и опыт использования новых организационных решений обусловили постановку новых теоретических и практических проблем. Прежде всего углубилось представление о сущности и содержании организационной структуры как качественной характеристики системы управления. Традиционное представление о структуре как о порядке только

линейных организационных отношений, которое отражалось в интерпретации структур через простейшие схемы подчиненности и штатные расписания, является уже явно недостаточным и неполным.

Системный анализ всех видов организационных отношений и связей, изучение новых форм организационного взаимодействия при решении межотраслевых и межфункциональных задач, специализация управленческой деятельности по выполнению координационных и контрольных функций, информационному обслуживанию и т. п. убедительно показывают, что не меньшее значение, чем «вертикальные» связи по реализации отношений подчинения, имеют «горизонтальные» связи. Последние вытекают из отношений совместной ответственности за достижение установленных конечных целей. Традиционные подходы и структурные схемы этих отношений совершенно не отражали. В то же время именно системно-целевая ориентация нового методического подхода к формированию организационных структур и механизмов способствовала выявлению и ограниченности этого подхода. При системном рассмотрении отношений управления нельзя оставить без внимания их экономические, социальные, информационные и другие аспекты. Поэтому, если изолированно заниматься только вопросами формирования организационной структуры, ее необходимо рассматривать как некую *функцию от состояния или изменений других характеристик системы.* Каждому сочетанию экономических, производственно-технологических, информационных и других значимых факторов должна соответствовать конкретная организационная структура или специфический организационный механизм.

Не говоря уже о методической сложности такого подхода, для которого еще должен быть создан соответствующий научный аппарат, нужно признать его неплодотворность по существу. Основанием для такого вывода служит следующее.

Во-первых, в связи с относительно узким диапазоном изменений организационных форм управления для систем одного класса можно считать данные формы инвариантными для различных сочетаний существенно влияющих на них факторов. Поэтому строгий и полный анализ формальных организационных структур по их объективным признакам просто невозможен.

Во-вторых, организационная структура как одна из интегральных качественных характеристик системы управления сама оказывает существенное влияние на другие характеристики и свойства системы, причем оно может оказаться подавляющим. В силу этого пока (а может быть, и вообще) нельзя найти достаточно строгий инструмент или метод, чтобы оценить адекватность организационной структуры всем свойствам и признакам системы управления или по крайней мере их определенной совокупности.

Эти объективные противоречия для решения некоторых организационных проблем несущественны, например, для расчета и распределения численности работников аппарата управления, определения количества руководителей линейных звеньев и числа технических исполнителей. Однако при формировании полной организационной структуры, особенно при проектировании организационно-технологического механизма осуществления управленческих связей, их обойти невозможно.

Попытка найти выход из сложившегося положения, не отступая от принципа изолированного рассмотрения отдельных типов отношений управления, связана с получившим в последние годы относительно широкое распространение так называемым *ситуационным подходом* к формированию организационного механизма [26, 27, 31]. Суть его — в максимальном учете всех структурообразующих факторов, включая и субъективные, в оценке их взаимного и суммирующего влияния на параметры организационных отношений и связей и выборе таких характеристик системы, которые могут быть еще дополнительно откорректированы в процессе реализации организационных решений. Важное достоинство такого подхода заключается в обязательном учете требований организации управления ко всем остальным подсистемам, анализе и оценке всех рассогласований формируемого организационного механизма с остальными механизмами, приведении последних (по мере возможности) в соответствие с организационными изменениями. Однако, как показывают результаты применения ситуационного подхода, его возможности ограничены, а эффективность решений относительна. При наличии высококвалифицированных аналитиков и проектировщиков могут быть получены достаточно оригинальные предложения, обеспечивающие определенный прогресс для организации; но, как правило, достига-

ется лишь временное и частичное решение проблемы, причем сам метод решения объективно приводит к отступлению от системного подхода [25, 28, 29].

Наиболее перспективное направление — отказ от изолированного рассмотрения отдельных аспектов отношений управления и переход к новому объекту анализа и совершенствования — комплексным (общим) отношениям. Это направление позволит реализовать преимущества системно-целевого подхода, разработанного применительно к формированию организационных структур управления.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ОТНОШЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ

Методический аппарат системно-целевого подхода к формированию организационных структур управления дает возможность достаточно строго описывать и анализировать организационные отношения и связи, возникающие в процессе управления [12, 18]. Рассмотрим возможности развития этого аппарата для описания комплексных отношений и анализа организационно-экономического механизма управления. Будем использовать далее разделение элементов социально-экономических систем на активные и пассивные [10, 18]. К *активным* будем относить элементы, обладающие собственными целями и существенно влияющие на выбор цели или ее подсистемы, а также способные самостоятельно изменять свою функциональную ориентацию. Все социальные элементы системы — отдельные работники, группы, коллективы подразделений — следует считать активными, поэтому при анализе структур их можно отождествлять с любым звеном организационной структуры или лицом, участвующим в разработке и принятии решений. *Пассивными* будут все остальные элементы системы управления, играющие роль предметов, средств или условий труда и не имеющие самостоятельного значения в процессе принятия решений.

При рассмотрении активных элементов управления существенно важно для нас, что реализация разнородных по характеру отношений — организационных, экономических, социально-психологических и других — осуществляется через одни и те же каналы связей между ними. Более того, каждая связь в системе управления отражает весь спектр отношений между любой парой взаимодействующих элементов.

Если отмеченное свойство объективно, структура связей представляет собой универсальную модель структур всех отношений в системе управления и их комбинаций. Описание такой структуры вполне осуществимо, так как связи легко выявляются в процессе обследования, классифицируются и фиксируются в любой пригодной форме: аналитической, дескриптивной или графической. Сложность и объемность создаваемых моделей при современной технике и методике обработки информации не представляет собой непреодолимого препятствия.

При анализе возможностей моделирования универсальной структуры отношений в системе управления выявляется ряд методических трудностей. Пока еще не известны другие характеристики связей, кроме содержательных, которые бы объективно отражали сущность реализуемых с их помощью отношений. Описываемая же по содержательным признакам структура связей не поддается формализации и обобщению. В то же время известны способы формального, но автономного описания структур разных видов отношений. Поэтому проблему исследований комплексных отношений можно определить как выявление закономерностей и признаков отображения в универсальных связях специфических отношений управления — частных или комбинированных.

Наилучшим образом для такого исследования подходит способ описания отношений и связей активных элементов системы управления, используемый в организационном моделировании [15, 18]. Его особенность состоит в том, что отношения описываются как роли отдельных элементов в процессе принятия управленческих решений (строго классифицированных и систематизированных), а связи фиксируются по отношению к выполняемым элементами функциям принятия и реализации тех же самых решений. Это позволяет увязывать модели отношений и связей, используя универсальные средства их отображения, и достаточно строго формализовать оба вида моделей. В данном случае важна интерпретация организационных отношений через такие понятия, как ответственность за достижение поставленных целей и права по принятию решений, направленных на их достижение.

Понятие *ответственности* в общем виде определяется задачами органа управления по достижению установленных целей, необходимых для успешного функционирования управляемой системы. Оно присуще только социаль-

ным элементам системы, наделенным универсальными функциональными способностями и возможностью обеспечивать разнообразные по форме и содержанию результаты деятельности.

Ответственность вытекает из объективной структуры целей производственно-хозяйственной организации и той роли, которую должен выполнять каждый орган системы в процессе принятия и реализации управленческих решений. Такое понимание ответственности является более широким, чем принятая на практике трактовка ее как формы зависимости работника от степени достижения поставленных задач и соблюдения установленных ограничений (административно-правовая, моральная, материальная ответственность) или как выражения какой-то заданной обязанности по выполнению (или недопущению) определенных действий. В первом случае ведущую роль играет определение субъекта и меры ответственности, во втором — содержание деятельности по обеспечению договоренности, а определение результата деятельности как основной цели работника управления остается за рамками обеих формулировок.

Наиболее полное и четкое определение ответственности любого руководителя и исполнителя в процессе управления должно включать все указанные выше признаки, а именно: подцель системы (задачу органа управления), которая должна быть реализована; форму и меру ответственности; роль (обязанности) работника в процессе реализации цели. Такой подход позволяет дифференцировать ответственность как фактор, *определяющий отношения между различными уровнями и звеньями системы управления* при соблюдении баланса ее объективно структуризованных целей.

Необходимой предпосылкой обеспечения установленной ответственности работников аппарата управления является наделение их соответствующими *правами*, под которыми понимается узаконенная и регламентированная возможность принимать то или иное участие в процессе разработки и реализации решений. В определении этого понятия важно выделить объект права, под которым выступает обычно или этап процесса принятия и реализации решения, или его результат. Такой подход позволяет сбалансировать сумму прав органов управления с объемом объективно сложившейся и распределенной ответственности. Напротив же, традиционная практика относить

к объекту права или взаимодействующий орган, или его действие приводит к замене целевой ориентации системы на функциональную и зачастую сопровождается значительным несоответствием прав и ответственности отдельных работников. Кроме того, при функциональном подходе каждое изменение содержания требует пересмотра правового статуса подразделений и работников, что делает систему управления весьма инерционной.

Как права, так и ответственность работников должна быть определена с точки зрения сферы охвата управленческим воздействием, т. е. масштаба объекта управления. К характеристикам последнего могут относиться состав и число лиц (подразделений) или ресурсов, к которым относятся принимаемые решения, а также период времени, в течение которого управляемый объект подчиняется воздействию. При наличии указанных признаков определения прав и ответственности становятся конкретными, относящимися к четко установленному субъекту и не поддающимися двусмысленному толкованию.

На практике можно убедиться, что рассмотрение ответственности без обеспечивающих ее прав делает это понятие абстрактным, умозрительным, приводит к возникновению в системе неформальных отношений, которые не только существенно отличаются от регламентированных структурой отношений, но могут и коренным образом противоречить им. Рассмотрение прав безотносительно к ответственности их субъектов делает процесс руководства бесцельным, создает предпосылки для возникновения бюрократических отношений (в том негативном значении этого термина, которое обычно используют при критике неэффективных систем управления).

Совокупность прав и ответственности каждого активного элемента социально-экономической системы достаточно полно и однозначно характеризует его отношения со всеми остальными элементами системы. Можно доказать также, что данные характеристики охватывают все аспекты комплексных отношений.

Представление прав и ответственности в соответствии с приведенными выше определениями выходит за рамки характеристик только организационной структуры. Так, понятие ответственности включает не только административную подотчетность исполнителя и меру его организационной самостоятельности. Ответственность объективно отражает зависимость экономического состояния актив-

ного элемента системы от результатов его деятельности [1, 17, 21] и морально-социологический его статус в коллективе [32]. Поэтому вполне допустимо рассматривать понятие ответственности как фактор комплексных, а не только административных отношений.

Отсюда вытекают два методических следствия. Во-первых, целесообразно использовать комплексную характеристику меры ответственности, включающую ее организационную и экономическую компоненты [2].

Во-вторых, для более строгого и конкретного определения объекта ответственности нуждается в совершенствовании методика декомпозиции и структуризации целей социально-экономических систем.

Доказано [см. 12, 15] и широко признано, что производственно-хозяйственные организации являются многоцелевыми системами. Свойство целостности систем обусловливает взаимосвязанность всех высших целей организации, которые реализуются в процессе функционирования единого объекта управления. Выполнение любой из целей невозможно без достижения всех остальных. Следовательно, для производственно-хозяйственной организации не может существовать иерархии разных видов целей — производственных, экономических, технических, социальных. Они все равнозначны и равноприоритетны в процессе управления системой. Из этого следует, что результаты функционирования каждого компонента системы должны обеспечивать достижение всех ее целей. Представления о том, что отдельные функциональные органы системы управления одной из них могут руководствоваться в своей деятельности только соответствующими критериями ответственности за ее достижения, по нашему мнению, ограничены. Поэтому, как мы показали ранее [5], принятая классическая интерпретация системы целей в виде несвязанного графа, где задача каждого иерархического уровня представляет собой лишь точку на плоскости, ориентированную только на одну вышестоящую цель [3], несовершенна. Более правильным является рассмотрение такой системы в виде многомерной матрицы, где каждый элемент также имеет многоцелевой характер.

---

[2] Этот вопрос является предметом исследований правовой науки, а анализ практического опыта свидетельствует о возможности его приемлемого разрешения.

[3] Эта интерпретация широко известна под названием «дерево целей».

Опыт организационного моделирования подтверждает возможность и корректность для некоторых нединамических моделей[4] интерпретации части целей одного уровня в виде ограничений и превращения таким образом многомерных матричных структур в двумерные и даже линейные структуры. Однако это требует развития методов количественной оценки степени достижения комплексных целей с помощью относительных и натуральных показателей, а также введения неэкономических критериев для анализа интегрального эффекта управления. Насколько нам известно, такие задачи в многодисциплинарных исследованиях пока не ставились.

Однако если анализировать цели социально-экономической системы в долгосрочном плане, ни одну из них нельзя рассматривать только как ограничение. Они взаимообусловлены и обладают внутренней динамичностью, поэтому следует рассматривать весь их комплекс как некую неявную функцию от времени развития управляемой системы и ее внешней среды [2]. Если это допущение справедливо, то возникает сомнение в правомерности декомпозиции системы целей вообще. Появляется возможность сформулировать комплексные или интегральные определения, в какой-то мере адекватные всей системе целей производственно-хозяйственной организации, и анализировать уже эти определения. При таком подходе можно использовать известные методы количественного анализа и декомпозиции одномерных структур.

При определении принципов распределения ответственности за достижение конечных целей организации (как частных, так и комплексных) между специализированными подразделениями аппарата управления недостаточно выявить закономерности разделения и кооперации труда. Специализация, основывающаяся на функциональной ориентации каждого подразделения или исполнителя, не обеспечивает должной интеграции управленческой деятельности, ориентированной на принятие и реализацию решений. В данной связи важно исследовать границы и формы специализации управленческого труда, позволяющие осуществлять эффективную координацию деятельности по достижению заданной цели при обеспечении

---

[4] Такие модели широко применяются в производственно-хозяйственных организациях в рамках текущего и среднесрочного планирования.

максимальной производительности работников, выполняющих отдельные процедуры и функции.

Поскольку в основе современных концепций организации управления лежит целевая ориентация активных элементов системы управления, а организационные формы построения адаптивных систем достаточно многообразны, можно предположить, что как организационные, так и комплексные модели этих систем будут совмещаться со структурой целей в различных сочетаниях. Пока не разработаны критерии, по которым можно было бы оптимизировать структуры управления. Многообразие и относительная независимость качественных характеристик систем управления не позволяют использовать для этой цели их нормативные или эталонные значения. Следовательно, рациональность формирования организационных, а тем более комплексных структур управления может определяться только по эффективности функционирования систем управления. Решение данной проблемы является связующим звеном между исследованиями в области структур управления и общей теории управления.

В теории управления давно уже известны и широко используются понятия «формальная» и «неформальная» структуры [15, 26, 30]. Но при всей распространенности этих понятий пока не существует способов строгого описания формальных и неформальных структур в их органическом единстве. Анализ комплексных отношений управления и описание их с помощью такой характеристики, как ответственность, позволяет найти методические решения и этой проблемы. В основе его лежит *принцип сбалансированности всех аспектов ответственности (административной, экономической, моральной) для каждой роли в процессе принятия и реализации решений.* При достаточно строгом определении данных аспектов (что методически вполне осуществимо) мера несбалансированности ответственности будет отражать место неформальных отношений в общей структуре управления. Это даст возможность применять для комплексного анализа достаточно объективные критерии и оценки.

Характеристика прав также может быть применена к описанию и анализу комплексных отношений. Как правило, каждое управленческое решение ориентировано на использование конкретных видов ресурсов для достижения определенных результатов. Поэтому регламентированная правами роль отдельного активного элемента си-

стемы в процессе принятия решений (вытекающая из организационного аспекта отношений) может быть с учетом целевой ориентации соответствующего вида решений описана и в терминах прав по распорядительству ресурсами (отражающих экономический аспект отношений). Поскольку экономические отношения на каждом уровне управления достаточно строго регламентированы нормативными актами [4], следует ожидать, что многообразие комплексных формулировок прав, характеризующих организационно-экономические отношения, будет ограниченным и легко систематизируемым.

Описание и анализ связей, вытекающих из организационно-экономических решений, могут выполняться на тех же методических основах.

Изложенные методические положения требуют еще дальнейшей детализации и проверки для разных типов производственно-хозяйственных систем. Их использование при комплексном совершенствовании системы управления Главмоспромстроя при Мосгорисполкоме и при разработке систем управления некоторых комплексных целевых программ дало обнадеживающие результаты.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Абалкин Л. И.* Хозяйственный механизм развитого социалистического общества. М.: Мысль, 1973. 256 с.
2. *Афанасьев В.* Динамика социальных систем.— Коммунист, 1980, № 5, с. 3—16.
3. *Бунич П. Г.* Хозяйственный механизм развитого социализма. М.: Наука, 1980. 243 с.
4. *Бунич П.* Плановые показатели, экономические нормативы и правила.— Вопр. экономики, 1980, № 2, с. 35—45.
5. *Воеңушкин С. В., Рапопорт В. С.* Организация управления отраслью. М.: 1976. 84 с.
6. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник; 1979. М.: Наука, 1979, с. 7—28.
7. *Качалина Л. Н.* Научная организация управленческого труда — оргпроектирование. М.: Экономика, 1971. 336 с.
8. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981. 223 с.
9. *Мильнер Б., Евенко Л., Рапопорт В.* Системный подход к формированию организационных структур управления.— Соц. труд, 1979, № 8, с. 52—63.
10. *Мильнер Б. З., Рапопорт В. С., Евенко Л. И.* Проектирование механизма управления.— Экономика и орг. пром-го пр-ва, 1979, № 5, с. 4—22.

11. *Модин А. А., Яковенко Е. Г.* Организация и управление производственным процессом на промышленном предприятии. М.: Наука, 1972. 178 с.
12. Научно-методические рекомендации по формированию организационных структур управления объединениями и предприятиями. М.: ГКНТ, 1978. 232 с.
13. Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы: Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г., М.: Политиздат, 1979. 64 с.
14. О дальнейшем совершенствовании хозяйственного механизма и задачах партийных и государственных органов: Постановление ЦК КПСС от 12 июля 1979 г., М.: Политиздат, 1979. 64 с.
15. Организационные структуры управления производством. М.: Экономика, 1975. 319 с.
16. Разработка нормативов численности служащих и типовых структур аппарата управления предприятий и производственных объединений. М.: НИИ труда, 1972. 72 с.
17. *Радаев В.* Хозяйственный расчет на современном этапе.— Вопр. экономики, 1980, № 12, с. 3—13.
18. *Рапопорт В. С.* Развитие организационных форм управления научно-техническим прогрессом в промышленности. М.: Экономика, 1979. 232 с.
19. *Рапопорт В. С.* Экономический механизм управления межотраслевыми комплексными программами.— В кн.: Системный анализ и управление научно-техническим прогрессом. Москва; Обнинск, 1978, с. 240—245.
20. *Слезингер Г. Э.* Совершенствование процессов управления предприятием. М.: Машиностроение, 1975. 278 с.
21. Хозяйственный механизм на современном этапе. М.: Экономика, 1980. 419 с.
22. *Ясин Е. Г.* Теория информации и экономические исследования. М.: Статистика, 1970. 211 с.
23. *Cleland D. I., King W. R.* Management: A Systems Approach. N. Y.: McGrow Hill, 1972, 350 p.
24. *Galbraith G.* Designing the complex organizations. N. Y.: Wiley, 1973. 405 p.
25. *Glimell H. R.* Designing interactive systems for organizational change. Berlin: Gothenburg, 1975.
26. *Killman R. H.* Social Systems Design. N. Y.: McGrow Hill, 1977. 263 p.
27. *Lorsch J. W.* Contingency theory and organization design: A personal odyssey.— In: The management of organization design. N. Y.: Wiley, 1976, vol. 1, p. 45—97.
28. *Miles R. E.* Theories of management: Implications for organizational behaviour and development. N. Y.: Harvard Univ. Press, 1975. 160 p.
29. *O'Shanghnessy J.* Patterns of business organization. L.: Humanities Press, 1976. 116 p.
30. *Simon H.* Administrative behaviour. N. Y.: Wiley, 1957. 290 p.
31. *Tosi H. L., Caroll S. J.* Management: contingencies, structure and process. Chicago: Plenum Press, 1976. 96 p.
32. *Zieleniewski J.* Organizacja zespółów ludzkich. W-wa, WPP, 1967. 255 s.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ: СИСТЕМНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, А. А. РЫВКИН

*Принцип системности* в наиболее явной своей форме применим именно в исследовательской деятельности, т. е. в ситуации, когда представления об интересующем нас объекте существенно не полны для эффективного решения поставленной задачи или достижения намеченной цели. Требуется учесть *все* системообразующие и системоизменяющие факторы, способные воздействовать на изучаемый объект таким образом, что это может вызвать необходимость изменения как его описания, отвечающего цели исследования, так и тех управляющих воздействий на объект, которые рекомендуется предпринять в соответствии с таким описанием для получения желаемого результата.

Если поставленная задача может быть решена с помощью одного из уже развитых подходов, то исчезает главный фактор, определяющий необходимость применения системного анализа. В тех же случаях, когда метод решения еще должен быть создан или требуется применить нетривиальную комбинацию имеющихся, но существенно разрозненных методов, значение системного анализа возрастает [2, 5, 8].

Применение *метода моделирования*, понимаемого в данном случае столь широко, что в число моделей включаются и достаточно развитые вербальные теории объекта, предполагает выбор структурно определенного и потому ограниченного описания, включающего лишь наиболее важные стороны рассматриваемых явлений. Без такой ограниченности нельзя достичь упрощений, необходимых для получения содержательных выводов из теории и для эффективного ее применения.

Анализ противоречия между стремлением к полноте представления об объекте и априорной ограниченностью возможностей его модельного описания и составляет основное содержание данной работы. На наш взгляд, этому вопросу не уделяется должного внимания в публикациях, посвященных системным исследованиям, теории и практике моделирования (столь многочисленных и разнообраз-

ных, что в библиографических ссылках мы вынуждены ограничиться необходимым минимумом, понимая при этом, что ряд затрагиваемых нами проблем глубже и подробнее изучен в работах других авторов).

## ЗНАЧЕНИЕ ОБЩЕМЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследователь, приступая к своей работе, стремится использовать знания и методы, которые уже накоплены наукой и апробированы применительно к другим объектам. В первую очередь он обращается к своему собственному опыту, к арсеналу средств, которым владеет либо способен овладеть, оставаясь в рамках той научной парадигмы, которую сформировало представляемое им научное направление.

Он, как правило, последовательно применяет стратегию поиска, минимизирующего трансформацию уже устоявшихся в научном мышлении представлений и содержание применяемых методов. Сначала сфера поисков охватывает более «освещенную часть пространства», затем ту его часть, куда можно переместить уже существующие «осветительные приборы», и только после этого исследователя начинает интересовать возможность сооружения дополнительных аналогичных «светильников», их усовершенствования, замены принципиально новыми и т. д.

Альтернативная постановка проблемы, отталкивающаяся не от вопроса «Как осветить то или иное пространство?», а от вопроса «Где должно находиться то, что мы ищем?» — кажется порой не только далекой от науки, но даже кощунственной, ибо ставит под сомнение абсолютную ценность самого метода, владение которым многие считают обязательным для ученого. Поскольку формирование новой парадигмы — процесс болезненный и длительный, те, кто призывает к этому или направляет на это свои усилия, нередко оказываются в положении неконструктивных ниспровергателей, ибо отстаиваемое ими новое не может появиться на свет, обладая теми же атрибутами зрелости, какие имеет устоявшаяся и развитая теория, доказавшая на многочисленных примерах свою жизненность. Это столкновение новизны

проблемной ситуации с традиционностью мышления, которое в данный момент признается «научным», приводит к ряду методологических заблуждений, выявляемых лишь на основе последовательного применения мировоззренческой установки, отвечающей активной и прогрессивной позиции индивида в отношении происходящих перемен.

Создатели модели прикладного назначения обычно столь высоко ценят ее операциональные возможности, что их представления об адекватности модели (понимаемой как аналог научной теории) определенным сторонам независимо существующего либо специально сконструированного объекта приобретают сугубо прагматическую окраску. Так возникают специфические способы эмпирической проверки моделей и укореняется излишнее доверие к результатам их «прогонки» на данных прошлых периодов. Постепенно инструментарий заслоняет цель, ради достижения которой строилась модель, а сам процесс моделирования обособляется в сознании исполнителей и деформируется, сохраняя лишь некоторые из имманентных ему свойств. В результате утверждаются в правах установка на создание модели, «наиболее адекватной реальному объекту» (иногда даже говорят о «модели, наиболее адекватной действительности») и готовность жертвовать любыми свойствами модели ради ее машинной реализуемости. Можно привести массу примеров, когда авторы научных работ не только рассуждают о степени адекватности объекту моделей, отражающих различные стороны его существования, но и проводят численные сопоставления, не указывая явно ни цели такого сопоставления, ни цели, стоявшие перед теми, кто создал сравниваемые модели.

Говорить об адекватности модели реальному объекту вообще, без указания возможного баланса между целями моделирования и средствами, привлекаемыми для их достижения, бессмысленно. Ничто не может быть более адекватным реальному объекту, нежели он сам, а наука не ставит перед собой задачи копировать реальность в ее индивидуальных проявлениях. Она призвана разрабатывать методы, обеспечивающие применение обобщающих результатов, справедливых для широкого круга условий.

Ощущение сиюминутной ограниченности теоретического арсенала науки и методов модельного отражения процессов и явлений, наблюдаемых в реальности, вызыва-

ет у многих исследователей стремление преодолеть эту ограниченность за счет предельного (а порой, и беспредельного) усложнения аналитических конструкций, нацеленных как на извлечение обобщающей информации об объекте, так и на предварительную апробацию эмпирических предложений и предсказаний. Так возникает распространенное заблуждение, состоящее в отождествлении системности подхода с непременной сложностью конструируемых моделей. Многоаспектность модели и подробное копирование ею очевидных связей между элементами нередко воспринимается в качестве неотъемлемой характеристики системного метода, все преимущества которого сводятся тем самым к реализации в единой модели большого количества связей, одновременно необозримых для человеческого сознания. Однако ответ на вопрос о том, должна ли модель сложной системы также быть сложной, не так очевиден, как может показаться на первый взгляд. Для ответа на подобные вопросы необходимо уточнить основные понятия системного анализа в соответствии с потребностями моделирования [1].

Поскольку моделирование есть специфическая и широко распространенная форма человеческой деятельности, предполагающая определенный угол зрения на ряд устоявшихся в системном анализе понятий, мы обратимся к их специальному обсуждению, имея в виду только стоящую перед нами задачу.

---

[1] В данном разделе поясняются такие базовые для методологии моделирования и для системного анализа в целом понятия, как система, обособленность, структура, модель и т. п.; мы не претендуем на то, что пояснения, имеющие форму определений, являются таковыми в строгом смысле этого слова. На наш взгляд, они полезны, если помогут читателю создать в своем сознании образы, близкие к тем, которые представляются авторам адекватными сути рассматриваемых проблем. Такую осторожность, однако, не следует воспринимать как признание принципиальной неопределенности подобных понятий. Мы исходим лишь из того, что не может быть дано строгого, «полного» и единственно верного определения недостаточно четко очерченным, размытым понятиям, что нет большой беды, если в различных областях исследовательской деятельности будут применяться определения, различающиеся отдельными деталями (см. об этом [13]). Определения весьма общих понятий не могут быть сформулированы абсолютно точно. Они обретают свою жизненность лишь в рамках мировоззренческой установки, отнесенной к конкретной области приложения.

Мы будем понимать под системой *обособленную сознанием часть реальности, элементы которой обнаруживают свою общность в процессе взаимодействия.*

Понятие *сложной системы* позволит уточнить общее понятие системы. Обычно говорят о сложной системе, противопоставляя ее простой. И если не испытывают особых затруднений, приводя примеры сложных систем (экономика, общество, экосистема, мозг), то, как правило, избегают называть системы, относимые к простым. Можно ли утверждать, например, что организационная структура управления некоторым территориально-производственным комплексом есть сложная система, а элекрон — простая? Даже в том случае, если структура управления сложна и противоречива, она определена как структура и с этой точки зрения не может рассматриваться как сложная система. Если возникает вопрос о совершенствовании такой структуры, о ее адекватности соответствующим экономическим и социальным целям, то бессмысленно искать ответ на него, оставаясь в рамках оргструктурных решений. Необходимо обратиться к значительно более широкой системе, обладающей большей целостностью, но менее явной внутренней структурой. Противоположна ситуация для случая с электроном. Структурные представления о нем, которыми мы сегодня располагаем, весьма просты. Но отсюда вовсе не следует, что также прост и сам «неисчерпаемый» электрон и что проникновение в его неисчерпаемость возможно без рассмотрения гораздо более полной и заведомо не отличающейся «простотой» системы, частью которой он является.

Системе, помимо целостности и структуры, внутренне присуща и целенаправленность, т. е. сознание обособляет определенную часть реальности, имея в виду некоторую априорно поставленную задачу, для решения которой оно и прибегает к подобному анализу.

Сложная система — это *система, представление о которой недостаточно структуризовано* для решения поставленной задачи. Иными словами, к изучению сложных систем прибегают, когда решение задачи должно быть найдено, несмотря на отсутствие достаточно ясного представления о том, рассмотрение какой системы *адекватно достижению намеченной цели* [2]. Тогда сознание стремится настолько расширить рамки изучаемой части реальности,

[2] Далее для краткости иногда будем писать просто *адекватно.*

чтобы гарантировать включение в нее адекватной системы. Обычно такой путь неэффективен, ибо выясняется, что построение более широкой системы невозможно без постижения структурных отношений в самой адекватной системе, если последние не тождественны ни ранее изученным структурным отношениям, ни их простым («механическим») комбинациям. Выбор более широкой системы в качестве исходного пункта анализа может оказаться целесообразным, если характер структурных связей внутри адекватной системы известен либо если делается ставка на элемент научного «везения» и существует интуитивная убежденность в правильности выбранного направления поисков. В первом случае мы уже достаточно близки к построению адекватной системы, и более широкая система нужна не сама по себе, а лишь в качестве материала, позволяющего провести уточнение границ адекватной системы. Во втором случае приходится непосредственно рассматривать более общую систему, которая, в свою очередь, обычно оказывается сложной, т. е. не существует однозначной структуры, связывающей все ее элементы, а имеется множество разнообразных структур, которые к тому же взаимодействуют между собой некоторым, не обязательно выявленным образом. И если анализируемые структуры таковы, что содержат адекватную систему, то это само по себе является большой удачей для исследователя.

Как же в такой ситуации искать ответ на поставленный вопрос? Имеется три альтернативы:

1) изучать более общую систему во всем ее структурном многообразии,

2) приступить к последовательному выделению из нее подсистем, в той или иной мере близких к адекватной и позволяющих осветить отдельные стороны интересующего нас процесса или явления,

3) начать конструирование концептуального образа более общей системы, сохраняющего лишь свойства своего прообраза, которые адекватны поставленной задаче.

Первая альтернатива (а именно ее выбирают авторы многочисленных исследований по прикладному системному анализу) настолько бесперспективна, что средства на попытку ее реализации можно считать израсходованными напрасно. Вторая альтернатива может привести к успеху, но ее осуществление требует глубокого проникновения в суть исследуемой проблемы. Если специалист

обладает такой способностью, то он решает задачу, даже не подозревая о существовании системного анализа, а результаты его деятельности могут быть причислены к таковому лишь задним числом. Третья альтернатива с методологической точки зрения оказывается наиболее плодотворной и дает в руки исследователя инструментальный подход, позволяющий не только вести поиск в рамках выбранной более общей системы, но скорректировать в соответствии с поставленной задачей ее границы и структуру. Подход, о котором идет речь, называется *моделированием*.

В процессе моделирования создается концептуальный образ системы, ее концептуальная модель, с тем чтобы абстрагироваться от неисчерпаемости реального мира и сосредоточить аналитическую деятельность на идеальном объекте, сохраняющем лишь наиболее существенные для решения поставленной задачи или достижения намеченной цели элементы и свойства исходной системы.

## МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цели обособления системы, подлежащей анализу, и построения модели — образа этой системы — могут не совпадать. Если в первом случае во главе угла стоит представление об определенной относительной целостности, обладающей более или менее выявленной структурой, то во втором — ведущим фактором оказывается та конкретная цель, для достижения которой конструируется модель. Осознание этой цели и перевод самого анализа в инструментальные, а если возможно, и квантифицируемые понятия означает формирование априорного представления о характере *сходства* (*морфизма*) между объектом и его будущей моделью, которая способна обеспечить решение задачи или получение ответа на поставленный вопрос [4, 10, 14].

Морфизм может оказаться весьма простым отображением, сохраняющим исходную структуру неизменной. В этом случае говорят об *изоморфизме* (используя строгий математический термин «расширительно»). В качестве способа построения моделей реальных объектов изоморфизм непригоден: невозможно привести пример модели, строго изоморфной материальной системе, ибо всегда могут быть указаны структурные элементы системы либо связи между ними, не учтенные или «искаженные»

при построении модели. Даже уменьшенная «действующая» копия материального объекта при самом ее тщательном изготовлении не будет ему изоморфна. Вместе с тем существует масса примеров изоморфизма между формальными системами. В частности, содержательный интерес может представить установление изоморфизма между различными моделями одного объекта или моделями разных объектов, что позволяет переносить свойства, установленные для одной формальной системы, на другую.

Еще один важный частный случай морфизма представляет собой *гомоморфизм* — преобразование, которое в теории моделирования обычно трактуется как направленное упрощение, обеспечивающее получение новой структуры, в известном смысле «подобной» исходной. Проецирование, сохранение отдельных структурных свойств отношений между элементами структуры при элиминировании и стирании в процессе исследования (вплоть до интерполяции выводов) других свойств и отношений — все это преобразования, имеющие характер гомоморфизма. Гомоморфизм широко применяется при построении моделей, как натурных, так и знаковых. Вместе с тем, только в применении к формальным системам гомоморфизм приводит к образу, гомоморфному своему прообразу. Говорить о том, что модель гомоморфна материальному объекту или системе, мы не можем, хотя неполнота знания об объекте и не служит здесь препятствием, как в случае с изоморфизмом. Не позволяет сделать это несовпадение нашего представления о структурных особенностях объекта со структурой материального прообраза, существующего помимо нашего сознания. Поэтому отношение образа, полученного при гомоморфизме, к исходному неформализованному объекту (даже если этот объект сам является продуктом сознания, например содержательной теорией) есть морфизм, но не гомоморфизм.

Существует очень много работ, посвященных классификации моделей. В большинстве случаев в качестве оснований классификации избираются цель, объект, средства моделирования. Такой выбор напрашивается, ибо практически в любом определении или описании понятия *модель* присутствуют названные слова. Однако, чтобы классифицировать модели, например, в зависимости от цели моделирования, нужно располагать некоей классификацией, хотя бы упорядочением целей. Равным образом требуется классификация или упорядочение объектов и

средств моделирования. Однако специалисты по системному анализу и теории моделирования не имеют удовлетворительных вариантов подобных классификаций или упорядочений. Можно построить лишь весьма частные классификации такого типа, если зафиксировать, скажем, объекты моделирования какого-либо определенного рода и рассмотреть типологию применяемых методов моделирования для таких объектов. В данном случае подобная классификация будет слишком похожа на простое перечисление методов, разработанных в какой-либо научной дисциплине или комплексом дисциплин. Да и сама по себе такая типология вряд ли поможет решить какие-либо практические задачи, кроме составления оглавления для учебника и программы учебного курса.

Итак, на наш взгляд, классификации моделей по таким основаниям, как цель, объект, средства моделирования и т. п., в настоящее время не могут привести к построениям, подобным по своей значительности таблице химических элементов Д. И. Менделеева или систематике К. Линнея. Отсюда не следует, конечно, что мы отрицаем значение классификационных работ в теории моделирования. Однако поиск таких оснований классификации, которые позволили бы получить конструктивные результаты, содействующие развитию понятийного аппарата, углублению теоретических представлений или облегчающих выбор средств моделирования для решения конкретных задач — самостоятельная и притом чрезвычайно сложная проблема, анализ которой не входит в наши цели. Мы ограничиваемся выделением четырех методов моделирования (аксиоматического, статистического, оптимизационного и имитационного), поскольку они различаются концептуально с системно-методологической точки зрения[3].

## АКСИОМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Роль аксиоматического метода в математизации содержательных или абстрактных теорий столь велика, что на нынешнем этапе развития математики его применение рассматривают как необходимое условие для признания

[3] Нам неизвестно такое основание классификации, которое позволяет однозначно выделить эти четыре метода и утверждать, будто других нет. Кроме того, границы между ними размыты в том смысле, что те или иные конкретные модели иногда трудно однозначно отнести к одному из данных четырех типов.

теории математической. Своего рода итогом математизации содержательной теории может стать построение системы аксиом, фиксирующих базовые предположения о соответствующей предметной области. Экспликация таких предпосылок и дает возможность использовать всю мощь дедуктивного метода, позволяющего получать строгие (в смысле формальной логики) следствия из аксиом, определений и ранее доказанных утверждений. Теория, анализирующая такую систему аксиом формальными средствами, может войти как органическая часть в математику. Однако, прежде чем это произойдет, в процессе исследования сочетаются различные методы — дедуктивный и индуктивный, наблюдение и эксперимент (иногда натурный, а при анализе сложных систем — все чаще модельный). Систему аксиом можно рассматривать в качестве модели, обладающей рядом специфических особенностей [3]. В ранг аксиоматик возводятся системы предположений таких моделей, которые имеют широкую область применения, а их анализ приводит к существенным математическим результатам. Прикладные модели либо получают введением в уже исследованные системы аксиом различных, относительно частных дополнительных предпосылок (это ближе по духу к инструментальному подходу), либо создают на принципиально новых предпосылках. В последнем случае подобные модели могут стать предвестниками новой аксиоматизации. Однако на первых порах они выступают в качестве дескриптивных аналогов отдельных аспектов содержательной теории. Возможность аналитического или качественного исследования — главная черта дескриптивных моделей, построенных с использованием аксиоматического метода.

Аксиоматический метод оказал сильное влияние на сам образ научного мышления, что проявляется в стрем-

---

Часто встречается подразделение моделей на два класса в соответствии с каким-либо дихотомическим признаком, например: дескриптивные — прескриптивные (нормативные), синхронистические — диахронистические, пространственные — точечные и т. п. Подобные дихотомии вряд ли требуют комментариев при общем рассмотрении проблем моделирования; понимание сочетаний терминов типа *диахронистическая модель* полностью определяется значениями сочетаемых терминов (конечно, пока понятие *модель* рассматривается на абстрактном уровне; тем более, однако, необходимы анализ содержания и пояснения к интерпретации таких сочетаний терминов, как только мы переходим к конкретным классам или типам моделей).

лении перенести некоторые атрибуты этого метода за рамки аксиоматических теорий, в желании отождествить его внутренние противоречия со свойствами объективной реальности. Например, известно, что каждая математическая теория начинается с указания (точнее, с называния) исходных, неопределимых внутри теории понятий, которым (в том числе их комбинациям) приписываются определенные свойства (аксиомы, или постулаты). Отсюда иногда делается вывод, что изначальные понятия каждой теории также принципиально не могут быть определены. В подобном выводе сказывается стремление предъявлять к неформальной теории требования, которым обязана удовлетворять аксиоматическая теория. При этом упускается из виду, что неопределенность начальных понятий математической теории предполагается не вообще, а во-первых, внутри самой теории и, во-вторых,— с помощью допустимого в математике способа построения определений [4].

Создатель теории множеств Г. Кантор говорил, что множество есть многое, рассматриваемое как единое. Доказывать теоремы на основе такого определения нельзя, но создать в сознании адекватный понятию множества образ благодаря этому определению нетрудно.

Для достаточно обозримой аксиоматической теории удается определить и ее начальные понятия, только не посредством их выделения из «родовых», а косвенно — задавая саму систему аксиом. Таким образом, начальные понятия аксиоматической теории неотделимы от системы постулируемых основных свойств, которым они должны удовлетворять, и неопределимы внутри самой теории через более широкие (родовые) понятия, так как последние в теории просто отсутствуют. Другими словами, здесь мы сталкиваемся с особенностями строгих логических конструкций, описываемых с помощью языка, формируемого по жестко заданным правилам. Правда, существование конечной и полной системы аксиом, которую можно было бы привести в подобном «определении», гарантировано далеко не для всех аксиоматических теорий. Известная теорема Гёделя утверждает, что система аксиом арифметики, как, впрочем, и других «достаточно богатых» (вклю-

[4] Этот способ предполагает введение нового понятия в качестве частного случая более общего, из которого новое выделяется присущим только ему и отличающим его качеством или свойством.

чающих ее) аксиоматических теорий, неполна, ибо допускает такие высказывания, ложность или истинность которых нельзя установить «внутри» соответствующей аксиоматической теории, т. е. не расширяя ее. Такое высказывание или его отрицание с одинаковым успехом можно принять в качестве дополнительной аксиомы, что приведет к двум различным теориям, каждая из которых, во-первых, оказывается внутренне непротиворечивой, а во-вторых, вновь допускает построение высказывания с подобным же свойством.

Нередко ссылками на теорему Гёделя о неполноте обосновывают ограниченность аксиоматического метода. Вряд ли такая аргументация справедлива, ибо теорема Гёделя утверждает не более, чем неисчерпаемость (т. е. возможность неограниченного расширения, развития) достаточно богатой формальной теории.

Ограниченность аксиоматических теорий и соответствующих дескриптивных моделей вытекает, скорее, из самого требования непротиворечивости, что существенно затрудняет описание развивающихся структур. Такие модели более приспособлены для отражения относительно простых, т. е. уже выявленных, форм движения, и внутри них нельзя получить принципиально новое знание, если оно не содержится априори (хотя, может быть, пока еще имплицитно) в самой системе аксиом. Еще одно ограничение — характер языка, не допускающего использования расплывчатых, неоднозначных понятий, без которых немыслимо гуманитарное знание, а также имманентный аксиоматическому методу характер определений.

При использовании аксиоматического метода важная роль отводится интерпретации, особенно когда дескриптивная модель объекта является очень упрощенной и дает его одностороннее описание. Слишком велико искушение расширить рамки применения модели, которая позволила объяснить уже известные факты и обнаружить новые, за пределы выполнимости лежащих в ее основе предположений. Если в естественных науках, обладающих мощной экспериментальной базой и богатым опытом применения формальных процедур, имеется возможность быстро распознавать такие ошибки, то в социально-экономических дисциплинах порожденные подобным образом заблуждения оказываются исключительно живучими. Одним из наиболее ярких примеров использования ошибочной интерпретации дескриптивной аксиоматической модели слу-

жит весьма популярная среди экономистов Запада теория предельной производительности, созданная в семидесятые годы прошлого столетия американским экономистом Дж. Б. Кларком и развитая его многочисленными последователями (см. об этом [11]).

Возможно, в будущем рамки применения аксиоматического метода расширятся. Не исключено, что математика не станет отказываться от рассмотрения противоречивых систем аксиом, будет допускать более гибкую логику, позволяющую рассматривать не только точные доказательства, но и правдоподобные рассуждения. Фактически речь идет о более глубоком проникновении диалектики в математику. Классическая математическая логика изучает статический аспект познания, тогда как ее перспективные направления заняты уже его динамикой. Если в начале этого процесса, в XVII в., у Декарта, Ньютона, Лейбница, да и во всей классической математике, движение изучалось лишь в его наиболее «очевидных» — механических и физических — формах, отражалась динамика неживой природы, то современная математика подошла к проблемам анализа движения в биологических, социальных, экономических системах, в процессах познания и управления.

Конечно, развитие самого метода математического исследования, который еще многие десятилетия будет сохранять так или иначе модифицированные черты аксиоматического метода, немыслимо без многочисленных попыток подойти к решению принципиально новых проблем с помощью традиционных средств. Как бы тяжелы ни были разочарования, ожидающие математиков на этом пути, их усилия необходимы, ибо только интенсивная работа может подготовить почву и создать предпосылки для прорыва в новые сферы знания.

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Статистические модели возникли как один из способов соотнесения содержательной или формализованной теории с теми проявлениями изучаемой реальности, которые поддаются квантификации.

Стремление к квантификации каких-либо отношений между элементами системы может отражать требования практики или быть следствием теоретического подхода. В любом случае квантифицируемость предполагает созда-

ние соответствующего измерительного механизма, который воплощает наши представления о мере и, вступая во взаимодействие с измеряемым объектом, формирует численное значение характеристики. Всегда может быть указана модель (явная или неявная), в соответствии с которой осуществляются измерения. Обычно моделирование процесса измерения и моделирование объекта на основе полученных численных данных о его состояниях или поведении оказываются в значительной степени оторванными друг от друга. Давно устоявшиеся способы измерения воспринимаются как изначально существующие, единственно возможные, а эмпирически полученные величины часто отождествляются с самой объективной реальностью. Лишь с появлением теории относительности и квантовой механики такие представления были подвергнуты сомнению и стало ясно, что объект может быть не индифферентен к самому измерению и способу, которым оно осуществляется. Регулярные измерения в социально-экономической сфере предполагают встраивание в соответствующую систему определенного измерительного механизма, в результате чего полученные данные имеют смысл уже не сами по себе, а в связи с этим механизмом. Так, данные о численности безработных в той или иной стране с рыночной экономикой не несут в себе точной информации о том, сколько людей не имеют работы и хотели бы ее найти, а указывают на численность тех, кто официально зарегистрировался в качестве безработных. Аналогично показатель валового национального продукта, например, в США отражает не общую стоимость произведенной продукции и услуг за определенный период, а алгебраическую сумму характеристик зарегистрированных сделок. Несмотря на это, каждый из таких показателей используется в экономических моделях в соответствии с тем смыслом, который ему приписывается теоретически, как правило, без учета искажающего влияния механизма измерения.

Статистические методы в той или иной мере опираются на гипотезу об отождествлении результатов измерения с объективными характеристиками. Тем самым возникает определенная абсолютизация данных, их отрыв от реальных процессов, а действительные отношения между элементами системы трактуются как отношения между соответствующими численными величинами. Применение статистических методов предполагает использование специ-

фической аксиоматики о вероятностной природе событий, благодаря которой формальная строгость выводов переносится на уровень суждений об усредненных характеристиках процессов, в то время как суждения о самих процессах или событиях возможны лишь с определенной степенью достоверности.

Необходимой составной частью моделирования с помощью статистических методов становится интерпретация результатов, которая в данном случае может оказаться более богатой, чем при использовании чисто аксиоматических или оптимизационных методов, но и значительно более сложной, так как совокупность всех принятых по ходу дела предположений становится труднообозримой.

Статистические методы оказываются эффективными лишь в ситуациях тех конкретных типов, для которых они подробно разработаны. Однако сама проверка выполнения всех исходных гипотез, обеспечивающих их применение, может быть проведена далеко не всегда и гораздо реже завершается получением вполне утвердительного ответа, особенно если мы располагаем небольшим числом наблюдений интересующего нас явления или процесса и не в состоянии осуществить необходимое число достаточно «чистых» экспериментов.

Располагая развитой теорией и достаточным количеством исходных данных, исследователь вряд ли станет обращаться к специальным статистическим процедурам — он получит интересующий его вывод без них, применяя лишь статистические характеристики, необходимые для измерения основных показателей совокупности имеющихся наблюдений. Возможна, однако, и другая крайность. Если исследователь впервые приступает к анализу принципиально новой проблемы, у него нет ни теоретической базы, ни достаточного количества данных. Статистические методы, как бы они ни были совершенны, способны при этом сыграть лишь второстепенную роль, будучи лишь подспорьем в содержательном анализе, который предстоит провести для создания теории и накопления систематизированной информации. Они скорее помогут поставить новые вопросы, нежели подскажут решения уже осознанных проблем.

Остаются еще две промежуточные ситуации: богатая информационная база при слабых теоретических обобщениях или же развитая теория при малых объемах достаточно однородных наблюдений. В первой из них стати-

стические методы помогут осуществить структуризацию данных и будут полезны при выборе нуждающихся в проверке теоретических гипотез. Во второй — потребность в помощи этих методов еще большая, но возможности их применения существенно ограничены. Возникает и дополнительная сложность, поскольку развитость теории, лишенной мощного эмпирического обоснования, обычно объясняется обилием умозрительных построений, не всегда поддающихся проверке, а зачастую и внутренне противоречивых. Никаких определенных выводов на основе статистических методов сделать при этом не удается. Они лишь участвуют в процессе конструирования все новых умозрительных гипотез, доставляя их авторам более или менее убедительные аргументы для защиты своей точки зрения.

Таким образом, можно заключить, что «мощность» многих статистических методов возрастает по мере того, как увеличивается возможность без них обойтись. Поэтому в любой сколько-нибудь сложной обстановке их роль уменьшается и на первый план выдвигается содержательный анализ изучаемой проблемы.

Пожалуй, наиболее широко анализ с использованием статистических методов применяется при *эконометрическом* моделировании. Обычно практики настаивают на расширительном толковании понятия эконометрической модели, полагая, что при ее конструировании следует стремиться к наиболее полному и «все более адекватному» описанию объекта. Потенциальная осуществимость операций, необходимых для построения подобных моделей, воспринимается некоторыми из них как гарантия успеха, который зависит лишь от умения и настойчивости.

Хорошо известны трудности, возникающие на этом пути. Отсюда — стремление уточнить предмет эконометрии, для того чтобы обеспечить применение ее аппарата в соответствии с его возможностями. С точки зрения теоретиков, эконометрическое исследование начинается после того, как, во-первых, выбрана математическая модель объекта с фиксированной формой всех зависимостей и с неизвестными параметрами при входящих в модель переменных; во-вторых, получено множество наблюдений над входящими в модель переменными в соответствующие моменты времени и, в-третьих, поставлена задача отыскать значения неизвестных параметров, обеспечивающие наилучшее (с точки зрения фиксированного критерия)

приближение модельных значений переменных к их значениям, наблюдавшимся в действительности. В подобном понимании задача эконометрии сводится к разработке методов подгонки модели с целью наилучшего воспроизведения ею поведения или состояния моделируемого объекта.

В такой постановке формальный подход эконометрии был бы неотличим от *аппроксимации* и, следовательно, не обладал бы вероятностной природой. Различие возникает, когда принимается гипотеза, что отклонения модельных значений переменных, по которым ведется подгонка, от их реально наблюдаемых величин случайны с априорно заданными статистическими свойствами.

Таким образом, при построении эконометрической модели принимаются предположения о том, что действительность такова, как она отражена в данных; что реальная структура процесса или явления получила адекватное отражение в структуре модели; что мы обладаем определенным знанием о характере нашего незнания. В дополнение ко всему этому ставится задача оценивания параметров модели и степени нашего незнания на основе информации о наблюдениях.

Применяемые в эконометрическом моделировании методы подгонки структурной модели к данным статистических наблюдений подробно изучены. Однако на деле они применимы лишь при выполнении довольно жестких предположений относительно самих данных и характера их приближения моделью. Кроме того, эти методы приводят к результатам, наиболее тесно связанным именно с конкретными данными, послужившими базой для статистической оценки модели.

Попытки более строгого обоснования статистических методов, особенно их применение к анализу ситуаций с малым числом наблюдений (когда возможность использования асимптотических свойств оценок, полученных с помощью классических процедур, ставится под сомнение), привели к развитию *байесовского подхода* в теории вероятностей, к проникновению байесовских методов в моделирование, и в частности в эконометрию.

По сравнению с классическими эконометрическими методами байесовские предъявляют менее жесткие требования к характеру исходных данных и дают возможность полнее использовать априорное знание об объекте и параметрах модели даже в тех случаях, когда это знание расплывчато. Однако исследователь должен преодолеть до-

полнительные вычислительные трудности, а также совершить весьма нелегкую и нестандартную интуитивную работу. Ему предстоит преобразовать априорную информацию в соответствующие вероятностные термины (например, представить ее в виде функций плотности распределения вероятностей), а затем позаботиться об интерпретации того дополнительного знания, которое удалось извлечь благодаря построению модели.

Эконометрическое моделирование представляет собой, по-видимому, наиболее полный процесс построения формального аналога объекта, поскольку отдельные стадии этого процесса эксплицируются в явном виде. Для большинства таких ситуаций характерно наличие различных альтернатив, как правило многочисленных, так что все возможные варианты оказываются необозримыми. Нет иного критерия оценки качества эконометрического исследования (в публикациях представлен обычно единственный вариант реализации соответствующих альтернатив), кроме взаимообусловленности и естественности всех принятых в процессе его реализации решений.

Нередко цель выбирается столь общей (например, получение прогноза развития экономики страны на заданный период), что она не может оказать существенного воздействия на ход дальнейшей работы или даже приходит в противоречие с возможностями используемого аппарата.

Итак, применение статистических данных для выявления и анализа с помощью эконометрических методов закономерностей народнохозяйственного развития опирается на ряд существенных гипотез, учет которых необходим при интерпретации полученных результатов. Одна из них, без выполнения которой эконометрический подход теряет смысл, предполагает существование в рамках изучаемого процесса устойчивых структур, допускающих адекватную экспликацию с помощью рассматриваемых экономических измерителей и соответствующих агрегированных показателей. Достоверно убедиться в том, что этой гипотезе удовлетворяют реальные процессы, изучаемые или описываемые с помощью эконометрической модели, мы не можем. Однако необходимо стремиться к тому, чтобы при интерпретации полученных из эконометрического исследования результатов явно формулировались принятые концепции и были описаны лежащие в основе исследования теоретические структуры.

Охарактеризовать оптимизационный метод в моделировании нелегко. Конечно, вряд ли правильно относить к данному направлению решительно все модели, в которых в той или иной форме «участвует» оптимизация. Например, во многих моделях экономического равновесия предполагается, что каждый участник стремится оптимизировать индивидуальную функцию полезности, записываются соответствующие формулы, вводятся предположения, обеспечивающие существование оптимумов и т. п. На наш взгляд, все эти атрибуты оптимизации еще не делают подобные модели оптимизационными. Дело в том, что предположение об оптимизации каждым участником своей целевой функции (каким бы образом оно ни было формализовано) — лишь исходная предпосылка, причем вполне паритетная по отношению к другим подобным предпосылкам (например, о начальных запасах). Здесь налицо все признаки аксиоматического метода, а оптимизация выступает как частный элемент, одно из предположений, фиксируемых системой аксиом.

Другой случай — естественнонаучные законы, формулируемые в терминах квантифицируемой оптимальности, например принцип Гюйгенса в оптике, принцип наименьшего действия в механике и т. п. Оптимум выступает здесь как имманентное свойство самой системы, независимо от установки наблюдателя что-либо оптимизировать, объективно.

В обоих отмеченных случаях квантифицируемая оптимальность является частным элементом *дескриптивного* анализа с применением аксиоматического метода, она предполагается или утверждается в качестве свойства самой исследуемой системы или ее элементов. В противоположность этому оптимизационный метод в моделировании направлен на построение *прескриптивных* конструкций. Оптимизация здесь выступает как форма представления цели самого исследователя, как характеристика его отношения к системе, а не самой по себе системы. Таким образом, оптимизация у́же, чем анализ оптимальности, и существенно отличается от выявления объективно существующего оптимума.

Иногда классы прескриптивных и оптимизационных моделей отождествляются. С методологической точки зрения это не вполне корректно. Прескриптивная модель

предназначена для установления нормы, и при оптимизации такая норма определяется в качестве наилучшего варианта среди некоторых возможных. Строго говоря, необходимость именно такого подхода не является логическим следствием предпосылки прескриптивности. Норма может отыскиваться в предположении, что ее допустимое значение — единственное. В частности, на основе данного положения строятся модели, в конечном счете сводимые к системам уравнений, доказательства совместности и определенности которых рассматриваются в подобных случаях как свидетельства корректности самих исходных предпосылок. Такова, например, модель планового межотраслевого баланса, позволяющая однозначно определить по заданному вектору конечного продукта валовой продукт.

Однако для упомянутого «некорректного» отождествления, если глубже разобраться в вопросе, обнаруживаются веские причины. Несомненно, поиск нормы может возникнуть лишь при решении некоторой задачи управления, а сама возможность управления в невырожденном случае предполагает некую вариативность управляемого, наличие у него каких-либо степеней свободы. Соответственно и однозначность нормы (разумеется, не как результата сознательно сделанного выбора, а из-за отсутствия альтернатив) представляет собой вырожденный случай, который требует своего рода оправдания: обусловлена ли однозначность управления объективными причинами, или это следствие слишком грубых предпосылок, определивших средства моделирования; не присутствует ли такая вариативность в модели имплицитно, будучи скрытой слишком жесткой фиксацией исходных данных, и т. п.

Логика прескриптивности почти неизбежно приводит к задаче выбора одного из нескольких вариантов решения, сам же прескриптивный подход вряд ли может рассматриваться вне проблематики управления. Однако задача выбора, и даже оптимального выбора, еще не обязательно требует построения оптимизационной модели в том смысле, какой закрепился за термином «оптимизация» в парадигме системного анализа и теории моделирования. Для этого необходимы по крайней мере еще две предпосылки.

Согласно первой из них оптимизационная модель опирается на полное знание структуры объекта. При этом под структурой в оптимизационном моделировании понимается состав элементов и связей между ними (предполагается, что элементы и связи количественно

описаны). Полное знание структуры не означает ее совершенной неподвижности; например, в динамических оптимизационных моделях количество и состав элементов и связей системы могут изменяться как за счет экстенсивного расширения, присоединения новых элементов, так и в результате образования новых элементов самой системой. Однако состав таких потенциальных элементов и связей, а также условия их присоединения или формирования, образования новых связей считаются известными полностью.

Другая предпосылка определяет характер свойств системы, непосредственно не отображаемых моделью, то есть по сути дела — характер незнания: предполагаются известными общие статистические свойства системы во всех тех ее аспектах и ракурсах, которые не нашли экспликации в модели. Иными словами, постулируется некое усредненное знание о характере незнания.

Не следует думать, что использование сложного статистического аппарата при подготовке исходной информации или различных способов ее представления с введением элементов неопределенности «отменяет» эту предпосылку. Ситуация здесь примерно такая же, как при переходе от абсолютно жесткой фиксации структуры объекта в статической модели к строгой фиксации потенциальных возможностей ее изменения в динамической. А именно, если перейти от детерминистской модели оптимизации к такой постановке, где некоторые или все исходные данные считаются случайными величинами с известными статистическими характеристиками (для нас несущественно, как при этом трактуются неизвестные и что́ принимается за оптимум), то в сравнении с детерминистской моделью здесь лишь вводится дополнительная информация о системе, но отнюдь не изменяется предпосылка о «характере незнания» — по-прежнему предполагается усредненное знание о нем. Просто раньше незнание распространялось на точечные значения исходных данных, а теперь — на их функции распределения и т. п.

Равным образом, оптимизационные модели принятия решений в условиях неопределенности (пожалуй, простейший случай — модели с так называемым интервальным заданием исходной информации), несколько изменяя соотношение между знанием и незнанием, вовсе не освобождаются от обсуждаемой предпосылки. Естественно, что рекурсивное использование аппарата описания случайно-

сти или неопределенности в исходных данных не меняет характера оптимизационных моделей в рассматриваемом аспекте. Если представлять исходные данные как случайные величины с известными функциями распределения, параметры этих функций задавать интервально, а границы соответствующих интервалов, в свою очередь, описывать как случайные величины или же величины неопределенные и т. д. и т. п. (т. е. все дальше и дальше отодвигать область незнания), все равно в рамках оптимизационного подхода сохраняется предпосылка относительно усредненного знания о характере нашего незнания. Более того, сохранение этой предпосылки, хотя оно и сопровождается при усложнении моделей в данном направлении сдвигом области ее действия (заметим, что совсем непросто ответить на вопрос, сужается ли эта область), в значительной степени обесценивает сами усложнения. Они оправданы далеко не всегда, ибо нередко эффект, достигаемый за счет усложненного представления исходной информации, оказывается величиной более высокого порядка малости, нежели ошибка, обусловливаемая предпосылкой о характере незнания. В чем-то сходная ситуация наблюдается при построении статистических моделей, когда переход от линейной регрессии к более сложным зависимостям практически оказывается оправданным гораздо реже, чем можно ожидать.

Существуют ли прескриптивные модели, направленные на поиск лучшего решения, но не опирающиеся на сформулированные предпосылки о полном знании структуры и усредненном знании относительно характера незнания? Утвердительный ответ очевиден, если под моделью понимать не законченную конструкцию, а процесс, как по сути дела обычно и принимается в эвристическом программировании, диалоговых системах и т. п. Однако утвердительный ответ, вероятно, возможен и в том случае, когда модель трактуется как неподвижное построение. Но подобные модели пока исследованы весьма мало, и обсуждать имеющиеся здесь подходы в работе общего характера, на наш взгляд, преждевременно.

В [7] рассмотрены важнейшие компоненты оптимизационной модели — множество альтернативных вариантов решения и предпочтения, определенные на этом множестве — с точки зрения возможностей их описания в задачах социально-экономического характера. Качество такого описания — основной фактор, от которого зависит

успех в постановке и решении оптимизационной задачи. Однако сложная система как объект управления тем в первую очередь и сложна, что не удается выявить и описать либо множество альтернатив, либо предпочтения на этом множестве, либо (чаще всего) и то и другое. Именно так и выражается в данном случае недостаточная структуризованность сложной системы для решения поставленной задачи.

Для социально-экономической проблематики в целом чрезвычайно существенно то, что выбор долгосрочной стратегии развития представляет собой неформализуемую задачу, несмотря на наличие всех содержательных признаков ее оптимизационного характера. Естественно, что стратегия долгосрочного развития определяет всю систему планов различной срочности. Это — тот стержень, на который нанизана совокупность плановых показателей и мер по управлению реализацией плана. Стратегия долгосрочного развития выбирается как средство разрешения целого комплекса проблемных ситуаций (предвидимых или уже возникших). В современных условиях они определяются глобальными (политическими, экономическими и другими) проблемами и имеют множество аспектов, связанных с совершенствованием системы общественных отношений, научно-техническим прогрессом и т. д.

В свете этой реальной проблематики теоретические построения, относящиеся к измерению полезности, формальному определению целей системы, построению функций общественного предпочтения и т. п., как бы они ни были изящны с формально-математической точки зрения, на наш взгляд, в предвидимом будущем вряд ли помогут в принятии решений на уровне социально-экономической системы как целого [5].

Однако именно этому уровню управления с учетом системы его связей (непосредственных и опосредованных) со всеми элементами социально-экономической структуры соответствует уровень общности понятия *социально-экономический оптимум*. На других уровнях в случае кратко- и среднесрочных решений оптимизационные модели имеют важное прикладное значение, хотя их фактическое применение на практике еще недостаточно широко. Сущест-

[5] За исключением, конечно, того результата, который дают все хорошие теоретические работы: привитие навыков систематического, регулярного, по возможности точного анализа.

венным фактором смягчения «жесткости» оптимизационных моделей является их использование в диалоговых системах — направление, интенсивно развиваемое в последние годы.

## ИМИТАЦИЯ

Едва ли не самым размытым, неопределенным и вместе с тем распространенным термином в моделировании сложных систем является *имитация*. Семантическая близость слов *имитация* и *моделирование* в живых языках является первопричиной того, что многие авторы с теми или иными оговорками или вовсе без оговорок отождествляют эти понятия. Термин *имитация*, как правило, употребляется без попыток определить его значение, и нередко исследователи называют свои модели имитационными без всякого объяснения. Многие авторы используют атрибут *имитационный* всякий раз, когда речь идет о машинных экспериментах с моделью (примером может служить [9]). Тем самым акцент делается не на модели как таковой, ее свойствах, типе и т. п., а на формах ее использования, работы с ней. Поскольку машинные эксперименты возможны в принципе над любой формальной моделью, особенно если в ней используются только квантифицируемые характеристики, то к имитации (актуально или потенциально) оказывается отнесенной работа практически с любыми такими моделями. Имитация при этом явно оказывается «сущностью, в которой не было необходимости» (в смысле знаменитой «бритвы Оккама»).

Вместе с тем имеется тенденция относить к имитации деловые игры, причем независимо от того, ориентирована игра на использование ЭВМ при ее проведении или нет. С одной стороны, это, казалось бы, еще больше запутывает вопрос, поскольку деловые игры сами по себе не слишком четко отграничены от анализа ситуаций (case study), экспертных процедур и т. п., а иногда и салонных игр. Однако, с другой стороны, упомянутая тенденция, если допустить, что она — не случайное явление, заставляет искать общность между имитационными экспериментами на ЭВМ и «ручными» деловыми играми, сходство, которое, на наш взгляд, и оказывается непосредственно связанным с характеристическими особенностями имитации.

Несомненно, что деловые игры и имитационные модели объединяет то особое значение, которое придается в

этих построениях процессуальному аспекту функционирования и развития моделируемой системы. Именно при имитации и в деловых играх приведенное в начале статьи «описание» понятия системы используется наиболее непосредственно, очевидно, даже прямолинейно. В центре внимания при имитации оказывается взаимодействие элементов системы между собой и (или) с внешней средой. В частном случае структура системы может не отражаться в модели. Тогда предметом анализа является взаимодействие системы в целом с внешней средой. Однако в общем случае для имитации характерно стремление к гомоморфному отображению структуры системы в модели (см. сб этом: [6]).

Акцент на процессуально-поведенческий аспект системы и гомоморфное отображение ее структуры определяют выбор языка графов и автоматов для описания формализованных имитационных моделей. Элементы структуры модели (при гомоморфизме они соответствуют множествам (классам) элементов системы) представляются как автоматы (вообще говоря, бесконечные), а взаимодействия между ними — как дуги мультиграфа, вершинами которого служат эти автоматы. При полностью формализованном описании каждый элемент задается по обычной бихевиористской схеме «стимул — реакция», и имитационная модель, воспроизводя функционирование или развитие системы, должна, как предполагается, отвечать на вопросы дескриптивного типа: к каким результатам приведут те или иные воздействия на систему либо изменения в ее элементах, стабилизируются ли ее характеристики с течением времени, каково будет ее состояние в заданный момент и т. п. Развитие трактуется как возникновение новых или модификация (в том числе исчезновение) старых элементов и связей между ними и со средой из числа заранее определенного или генерируемого по заданным правилам множества вариантов.

Таким образом, общая схема имитации оказывается весьма мало стеснительной, она допускает применение разнообразных средств моделирования на локальном уровне[6]. Это разнообразие является одной из причин несходных трактовок имитации, когда с учетом особенностей

[6] Элементы и связи между ними могут быть представлены оптимизационными моделями, с помощью статистических методов, простыми функциональными зависимостями или сложными системами дифференциальных уравнений и т. п.

конкретной предметной области придается чрезмерно большое значение какому-либо частному аспекту в ущерб единому для всего класса имитационных моделей и специфичному для него в целом относительно других классов. В рамках той же общей схемы легко отказаться от жесткой формализации (в тех или иных моментах) и прийти к человеко-машинным имитационным экспериментам или деловым играм. Момент формализации, естественно, выступает и в «ручных» деловых играх — он представлен правилами, регламентирующими хотя бы отдельные аспекты деятельности участников в игре и взаимоотношений между ними.

Простота встраивания неформализованных процедур в имитационные схемы имеет особое значение. Диалоговые режимы использования оптимизационных и статистических моделей реализуют иной тип работы с моделью, нежели однократный расчет (или последовательность расчетов в режиме пакетной обработки). В диалоговых режимах традиционная модель и специальные средства, обеспечивающие взаимодействие эксперта и ЭВМ, образуют новую модельную конструкцию — новую на *макроуровне* этого комплекса. Если же в имитационной схеме заменить машинную программу, реализующую один из автоматов, экспертом, произойдет модификация на *микроуровне* модели, а ее общая структура останется неизменной. Именно это обстоятельство в конечном счете дает основания рассматривать деловые игры в рамках метода имитации.

Как и другие методы моделирования, имитация ставит многочисленные проблемы технического характера. Одна из них тем не менее может быть отнесена к общеметодологическому уровню. Это проблема представления *времени*. Естественно, что ее особое звучание обусловлено именно важностью процессуально-поведенческого аспекта при имитации. Пожалуй, способ отображения времени в модели может служить индикатором для отнесения ее к имитационным либо неимитационным. При имитации время однонаправленно и необратимо, в остальных методах моделирования оно не течет, а обозревается, подобно тому, как могли делать жители планеты Тральфамадор у Курта Воннегута. Как известно, они видели прошлое, настоящее и будущее сразу. Заметим, что различие между рекурсивными и так называемыми одновременными, или симультанными (simultaneous), моделями имеет иной характер: рекурсивность вводится в межотраслевом балан-

се и макроэкономике только из-за сложностей расчета симультанных моделей. Нашлись бы необходимые вычислительные средства — и никакой рекурсивности бы не было: модели сразу обозревали бы прошлое, настоящее и будущее, вся необходимая для этого информация — конечно, в рамках исходных предположений — в подобных рекурсивных моделях имеется. Особенно явно и ярко симультанность присутствует в динамических оптимизационных моделях.

Если предположения об автоматах и связях между ними формализованы и достаточно просты, то в ряде случаев их удается исследовать аналитически, т. е. рассматривать как систему аксиом и применять аксиоматический метод. В подобных случаях, вероятно, следует констатировать, что модель перешла из класса имитационных в класс аксиоматических[7]. Иногда же удается получить лишь качественные результаты: доказать существование устойчивого состояния или эквифинальность системы и т. п. Однако при решении модели аналитические средства оказываются недостаточными и приходится обращаться к собственно имитации. К таким конструкциям, имеющим, на наш взгляд, промежуточный характер, относится и системная динамика [12].

Пограничная область есть также между имитацией и статистическими методами: так называемое статистическое моделирование, ведущее происхождение от метода Монте-Карло, и теория массового обслуживания. В данной области (особенно в разделе моделей производственных систем, основы которого в нашей стране заложены Н. П. Бусленко) многие конструкции полностью соответствуют схеме имитации. Однако при этом результаты имитационных экспериментов допускают обработку статистическими методами, т. е. обладают статистической значимостью. Тогда возможна содержательная интерпретация и статистических характеристик совокупности результатов экспериментов: средних, дисперсий и т. д.— в качестве параметров моделируемой системы.

Если говорить о моделировании сложных систем, то имитация приводит в пограничные области (как с аксиоматическим, так и со статистическими методами) лишь при сильном упрощении системы в ходе построения мо-

[7] Что касается модельного времени, то при этом переходе, очевидно, имеет место (с помощью математики) скачок от земного его восприятия к тральфамадорскому.

дели. Проблема интерпретации при использовании громоздких имитационных построений является такой же острой, как и в случае оптимизационного (см. [7]) и статистического подходов. В подобных случаях теряется свойство обозримости результата и возникают другие проблемы, типичные для моделирования сложных систем независимо от того, какой метод для него избирается.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч., 2-е изд. т. 20.
2. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
3. *Болтянский В. Г., Данилов-Данильян В. И.* Математика и научно-технический прогресс.— Вопр. философии, 1979, № 7, с. 114—124.
4. *Гастев Ю. А.* Гомоморфизмы и модели: Логико-алгебраические аспекты моделирования. М.: Наука, 1975. 150 с.
5. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований — В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
6. *Данилов-Данильян В. И., Толмачев И. Л., Шуршалов 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.* Методологические аспекты теории социально-экономического оптимума.— Экономика и мат. методы, 1980, т. 16, вып. 1, с. 146—164.
8. *Наппельбаум Э. Л.* Системный анализ как программа научных исследований — структура и ключевые понятия.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 55—77.
9. *Нейлор Т.* Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М.: Мир, 1975.
10. *Новик И. Б.* О моделировании сложных систем. М.: Наука, 1965.
11. *Паппэ Я. Ш., Рывкин А. А.* О попытках модельного подтверждения выводов теории предельной производительности.— Экономика и мат. методы, 1977, т. 13, вып. 6, с. 1175—1195.
12. *Рывкин А. А.* Системная динамика.— В кн.: Экономическая энциклопедия: Полит. экономия. М.: Сов. энциклопедия, 1980, т. 4, с. 654—655.
13. *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.
14. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 432 с.

# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ И РОЖДАЕМОСТИ

А. И. АНТОНОВ

XXVI съезд КПСС сформулировал задачу «проводить эффективную демографическую политику» и предложил ряд мер, направленных на укрепление семьи с несколькими детьми [1, с. 136, 178]. Одновременно подчеркнута необходимость сосредоточить усилия на разработке социально-экономических проблем демографии [1, с. 145]. Отнесение демографических проблем к разряду ключевых требует концентрации внимания на практически значимых сегодня темах исследований. Поставленная перед демографами задача разработки демографической политики и внедрения теоретических достижений в жизнь предполагает радикальную переориентацию научной деятельности.

И в самом деле, проведение демографической политики является сложным процессом с точки зрения применения многообразных человеческих знаний (научных, технологических, организационных), разнообразия видов человеческой деятельности (научно-исследовательской, деятельности прогнозирования, планирования и управления), а также с точки зрения координации действий научных, технологических, плановых и управленческих учреждений и организаций. Участие ученых в разработке демографической политики не может сводиться к составлению перечня рекомендаций для органов управления. Необходимо выделение специальной области по демографическому проектированию: наряду с фигурой демографа-теоретика следует выделить демографа-инженера или технолога, занимающегося применением демографических знаний при разработке демографических проектов (планов-прогнозов) и поиском эффективных путей их внедрения. Подобная дифференциация демографической деятельности не может не привести к дальнейшему развитию принципов системного анализа в демографии, так как объекты демографического исследования теперь в большей степени будут рассматриваться не только как объекты «в себе», но и как объекты демографического управления.

Распространение системного анализа связано прежде всего с ориентацией на изучение тех аспектов объекта,

которые существенны с точки зрения возможностей управляющего воздействия [8, с. 17—18]. В демографии в последние годы, помимо свойственного всем научным дисциплинам акцента на необходимости системного представления объекта исследования, предпринимались попытки обосновать значимость исследования народонаселения исходя из целей управления демографическими процессами [3, 5, 14]. Эти попытки вызывались сложившейся демографической ситуацией, характер которой в основном определялся наблюдаемыми тенденциями рождаемости, длительным сохранением рассогласования между ожидаемыми и фактическими состояниями интенсивности рождаемости.

Применение принципов системного исследования происходило в демографии двояким образом. Во-первых, при разработке методологических проблем — здесь в качестве реакции на увлечение статистическими методами возникло течение, провозгласившее комплексный подход к изучению народонаселения [14]. Наряду со стремлением интегрировать достижения различных наук при изучении народонаселения, создать систему знаний о народонаселении осуществлялись попытки разработать единый язык системного исследования населения, построить новый терминологический аппарат с такими, например, категориями, как развитие населения, качество и количество населения. Во-вторых, острота проблем демографической ситуации по стране в целом и по регионам заставляла искать ответы на поставленные жизнью вопросы, не задумываясь над тем, к ведомству какой науки они должны относиться. Так, например, возникли исследования мнений о величине семьи, выборочные опросы населения относительно числа детей в семье [4, 5, 17]. Лишь к середине 70-х годов эти эмпирические измерения нашли свое место в рамках теории репродуктивного поведения. Изучение репродуктивного поведения в демографии получило широкое распространение и радикально изменило облик самой демографии. В настоящее время в нашей стране начинают развиваться исследования и других типов демографического поведения — миграционного и так называемого самосохранительного поведения, связанного с продолжительностью жизни, сохранением здоровья и заболеваемостью, смертностью. Исследования демографического поведения населения позволяют раскрыть принципиальную управляемость демографических процессов. Систем-

ный анализ, связанный с распространением поведенческого подхода, очертил границы воздействия на демографические установки населения, позволил количественно определить возможности этого воздействия.

Решающая роль в воспроизводстве населения принадлежит динамике рождаемости. Именно поэтому наиболее изученным из всех видов демографического поведения оказалось репродуктивное поведение. Применение системного анализа в демографии также связано в основном с изучением рождаемости и репродуктивного поведения. Именно факт сокращения рождаемости, наблюдаемый на протяжении многих десятилетий во многих странах мира, оказался той самой проблемой, возникновение которой способствовало в наибольшей мере ломке границ между дисциплинами, формированию системного подхода к поиску причин снижения рождаемости и осознанию недостаточности монодисциплинарного, «чисто» демографического подхода.

Исходная стратегия исследования при монодисциплинарном анализе рождаемости — внимание к функционированию системы. Она полезна и пригодна для воспроизведения в познании того, что Г. П. Щедровицкий называет функционарной структурой объекта [21]. Эта стратегия оказывается, однако, недостаточной при объяснении динамики рождаемости. И в самом деле, формальная демография складывается как самостоятельная дисциплина в условиях высокой рождаемости, многодетного репродуктивного поведения и высокой потребности в детях, не предполагающей широкого применения контрацепции. Отсюда колебание общего коэффициента рождаемости по годам (общее число рождений за год, отнесенное к численности населения и взятое на 1000 населения) рассматривается как результат изменений структуры населения по полу, возрасту и семейному состоянию с учетом миграционных процессов.

Можно сказать, что длительное сохранение высокой рождаемости способствовало при начавшемся уменьшении общего коэффициента рождаемости поиску объяснений этих изменений в трансформациях структуры населения. Из двух слагаемых национального уровня рождаемости (определяемого по величине общих коэффициентов рождаемости как высокий, средний и низкий) ведущая роль отводилась не интенсивности рождаемости, а демографической структуре. Относительная стабильность ин-

тенсивности рождаемости содействовала сохранению этой привычки, этой инерции мышления.

Ориентация на анализ функционирования объекта исследования сопровождалась отсутствием внимания к структуре развертывания рождаемости как демографического процесса. Не проводилось строгого различения вклада демографической структуры и вклада собственно интенсивности деторождения в общий коэффициент рождаемости. При этом формальная демография в значительной степени являлась демографией эмпирических показателей изучаемых явлений, а не демографией изучаемых процессов, происходящих в демографической системе. Оперирование такими показателями, как коэффициент суммарной рождаемости, коэффициенты возрастной рождаемости и т. д., сохраняло нерасчленность взаимовлияний параметров структуры и интенсивности рождаемости.

Важно также подчеркнуть нерасчлененность макро- и микроуровней анализа рождаемости при монодисциплинарном подходе. При механистическом взгляде рождаемость предстает как простая сумма рождений. Массовый процесс интенсивности деторождения требует, однако, соотнесения между собой определенного поведения единиц популяции, дающего конечный результат на уровне всего населения,— итоговый уровень рождаемости.

Переход к системному анализу рождаемости потребовал таких концептуальных средств, которые, помимо отображения функционирования объекта, способны зафиксировать и его изменение, развитие. Поиск ответа на вопрос о причинах снижения рождаемости привлек внимание к брачной рождаемости, к пониманию возможности изменения самой интенсивности деторождения наряду с изменением параметров демографической структуры [7]. Это, в свою очередь, вызвало специальное внимание к проблемам описания самого устройства, строения объекта исследования, представляемого чаще всего уровнем рождаемости, к различению двух его предпосылок: интенсивности деторождения и структуры населения. Наконец, акцент на интенсивности рождений в населении позволил выделить семью как ключевую «ячейку» рождаемости и сосредоточить усилия на изучении репродуктивного поведения семьи. Системный подход требовал соединения анализа итоговых тенденций рождаемости, наблюдаемых на уровне всего населения, с анализом поведения индивидов и семей [19].

Таким образом, системный подход к изучению снижения рождаемости, помимо сугубо содержательного раскрытия детерминант этого снижения (при одновременном выяснении роли физиологических и социальных детерминант), предполагает весьма сложные задачи по совмещению макро- и микроуровней анализа, а также учет аспектов функционирования и развития.

Остановимся подробнее на этом переходе к изучению интенсивности деторождения (под которой понимается та или иная частота рождений в населении, измеряемая посредством среднего числа рождений и детей, приходящихся на замужнюю женщину репродуктивного возраста или на эффективный брак).

Общий коэффициент рождаемости не может быть индикатором интенсивности рождаемости, так как зависит и от демографической структуры. Так, демографы говорят о сокращении рождаемости, хотя налицо факт некоторого повышения общего коэффициента рождаемости в 70-х годах в СССР. Этому взгляду предшествовал довольно длительный период, когда снижение рождаемости отождествлялось с уменьшением общего коэффициента рождаемости, причем причинами этого объявлялись параметры структуры населения, т. е. снижение детской смертности, брачности, уменьшение численности замужних женщин и женатых мужчин, миграционные процессы.

Но уже в 20-х годах в советской демографии складывается иная точка зрения, отводящая структурным изменениям второстепенную роль. С. А. Новосельский в 1929 г. в качестве главной причины называет падение брачной рождаемости [11, с. 136]. Специальный анализ решающего вклада интенсивности рождаемости, измеряемой коэффициентами брачной рождаемости, в снижение рождаемости в период между переписями населения СССР 1926 и 1959 гг. осуществил А. Г. Волков. Он поставил проблему изучения факторов, влияющих на изменение интенсивности деторождения, чтобы иметь возможность оценить интенсивность рождаемости в будущем, ее перспективы [7, с. 182—183]. Решение этой проблемы взял на себя представитель междисциплинарного направления В. А. Борисов, разрабатывающий концепцию исторического уменьшения потребности семьи в детях. В. А. Борисов задался целью продемонстрировать, оставаясь в рамках «чистой» демографии, определяющее влияние уменьшающейся интенсивности деторождения на снижение

рождаемости в стране с конца 50-х годов. В модели ГМЕР (гипотетического минимума естественной рождаемости) было устранено влияние социальных факторов на интенсивность деторождения, проявляющееся в уменьшении потребности в детях и распространении практики контрацепции [5, с. 46]. Это допущение позволило определить для каждой изучаемой популяции потенциал рождаемости, детерминируемый лишь физиологическими параметрами (т. е. человеческой плодовитостью, понимаемой как способность к зачатию, вынашиванию плода и живорождению — отсюда рождаемость всегда есть мера реализации плодовитости). Модель ГМЕР исходит из предельно высокой рождаемости, но не максимальной, как обычно думают. О максимальной рождаемости в условиях полного неприменения противозачаточных средств трудно сказать что-либо определенное, зато можно точно рассчитать минимальную границу этой естественной рождаемости. Сопоставление фактической интенсивности деторождения с этим рубежом весьма высокой интенсивности свидетельствует о том, насколько далеко реальные показатели рождаемости расположены от показателей гипотетического потенциала, от условного населения, не практикующего контрацепцию и, значит, не характеризующегося историческим уменьшением потребности семьи в детях.

Таким образом, желая подчеркнуть роль социального в рождаемости, можно достичь этого, идя от противного,— условно принимая лишь воздействие физиологического начала, и показывая, как оно перекрывается действием социальных факторов. Расчеты по модели ГМЕР установили, что при неизменности потенциала рождаемости между переписями населения 1959 и 1970 гг. снижение общего коэффициента рождаемости с 25,2 до 17,2% происходило за счет уменьшения степени реализации ГМЕР с 51,1% до 36,8%, т. е. за счет уменьшения интенсивности деторождения [5, с. 66].

В. А. Борисов доказал, что снижение коэффициентов рождаемости наблюдается при громадном социально-биологическом потенциале рождаемости современного населения и, следовательно, обусловлено особенностями репродуктивного поведения, характеризующими уменьшение интенсивности деторождения [5, с. 60—64]. Вывод о ведущей роли параметров интенсивности деторождения по сравнению с параметрами структуры населения в детерминации уровня рождаемости получил строгое экс-

периментальное подтверждение. Это знаменовало неизбежность поворота демографии к непосредственному изучению репродуктивного поведения с помощью языка и методов социальной психологии и социологии. Возникновение новой междисциплинарной области исследований поставило перед демографами, воспитанными в духе монодисциплинарного мышления, задачу овладения не только познавательными средствами смежных наук, но и методологией системного исследования.

Необходимость подобной переквалификации осознается далеко не сразу, поэтому наряду с обсуждением вопросов о применении системного анализа в демографической литературе последних лет встречаются и попытки традиционного истолкования снижения интенсивности деторождения. Все они так или иначе связаны с так называемой концепцией «сознательного ограничения» рождаемости. Эта методологическая конструкция, присущая монодисциплинарному мышлению, создается для анализа аспектов развития объекта исследования. Коли рождаемость сокращается, то надо не только перечислить изменения демографической структуры, но и назвать самоочевидные причины этого — «практику искусственного предупреждения зачатий», «сознательное регулирование деторождения» в семьях [11, с. 105, 127].

«Самоочевидность» инстинктивного стремления к размножению и одновременно сознательного ограничения этого слепого инстинкта скрывала логическую противоречивость данной концепции. Фактически в одно и то же время признается стремление иметь и не иметь детей. Это противоречие обнаружилось, когда появились результаты исследований влияния социально-экономических условий на рождаемость. Усиление практики контрацепции, «сознательного ограничения» рождаемости объяснялось в одних случаях ухудшением условий жизни (в связи с войнами, разрухой, голодом, неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановкой в быту и на производстве и т. п.), в других — улучшением условий жизни (поскольку меньшее число детей в семье постоянно выявлялось у горожан по сравнению с сельскими жителями; среди людей с более высоким социальным положением, среди имеющих более высокий уровень образования, душевого дохода и т. д.). Расширение объема эмпирических данных такого рода все сильнее обнаруживало изначальную непоследовательность в объяснении одних и тех же фак-

тов. К примеру, сторонники прямой связи между материальными условиями жизни и рождаемостью могли одновременно признавать усиление практики контрацепции и уменьшение числа детей по мере роста образования родителей и предсказывать повышение рождаемости в будущем в связи с улучшением условий жизни и дальнейшим повышением образовательного уровня населения.

Неадекватность подобной концепции объяснения причин снижения рождаемости стала особенно заметной после полемики С. Г. Струмилина с Б. Я. Смулевичем [15, 16]. С тех пор начинается усовершенствование концепции «сознательного ограничения», прямое вторжение демографов в психологию потребностей. Возникает компромиссная объяснительная схема, в которой движущей силой человеческих поступков оказывается не инстинкт, а разрыв между потребностями личности и возможностями их полного удовлетворения, что и ведет, с этой точки зрения, к снижению числа детей в семье. Новая концепция снимает парадокс обратной связи между благосостоянием и рождаемостью, делает ее разумной и стимулирует дальнейшее углубление в механизмы поведения, опосредующего рождаемость. Однако в этой концепции, исходящей из роста всех потребностей личности, исключается потребность в детях и потому, конечно, что ее «рост» был бы несовместим с фактами уменьшения интенсивности деторождения. Осознание этого и других противоречий ведет к многочисленным модификациям концепции «разрыва», что оказывается связанным со все более глубоким интересом к достижениям психологии мотивации и психологии регуляции социального поведения личности вообще. Распространение обследований мнений супругов о числе детей, которое они хотели бы иметь в своей семье [4], оказывается дополнительным стимулом к радикальному пересмотру прежних воззрений. Появление поведенческих концепций рождаемости, в том числе теории репродуктивного поведения, следует рассматривать в качестве итога длительного развития демографии в направлении системного исследования рождаемости.

Интенсивность деторождения является системным свойством, которое наполняется демографическим содержанием благодаря анализу репродуктивного процесса человека. Репродуктивный процесс представляет собой последовательное развертывание репродуктивных событий в пределах цикла «коитус — зачатие — роды» [3, с. 105].

Взаимодействие поведенческих и физиологических параметров репродуктивного процесса характеризует наиболее ярко системную природу интенсивности деторождения, причем новейшие демографические исследования раскрывают определяющую роль поведенческих переменных [5, 6, 7]. Частота рождений, как выяснилось, зависит прежде всего от репродуктивного поведения семьи, поскольку социально-биологический потенциал населения весьма высок и реализуется лишь частично. Таким образом, при изучении рождаемости центральное место занимают проблемы репродуктивного поведения, в особенности репродуктивной мотивации.

Понять причины сокращения рождаемости можно через проведение анализа исторического изменения типов репродуктивного поведения. Задачу причинного объяснения изменений в поведении должен предварять, однако, поиск структурного инварианта репродуктивного поведения [12, с. 121]. Необходимо представить структуру функционирования репродуктивного поведения индивида через комплекс элементов и связей между ними.

В настоящее время в социальной психологии функционирование поведения личности наиболее удачно описывается в концепции диспозиционной регуляции поведения, предложенной В. А. Ядовым [22]. Структура диспозиционной регуляции в общем виде выглядит так: ПОТРЕБНОСТЬ → ДИСПОЗИЦИЯ ЛИЧНОСТИ ← СИТУАЦИИ. Центральным элементом этой структуры, по В. А. Ядову, является система диспозиций личности, осуществляющая оценку возникающих социальных ситуаций исходя из возможностей удовлетворения той потребности, которая оказывается специфической для данного вида поведения. Таковой в области репродуктивного поведения может быть лишь потребность в детях.

Побуждения к рождению определенного числа детей детерминируются именно этой потребностью человека, своеобразной мотивацией. Однако различные социальные ситуации индивида и семьи могут благоприятствовать или препятствовать этому. Именно различные поведенческие ситуации, выражающие специфику образа жизни личности и семьи, ведут (на основе той или иной степени плодовитости) к полной или частичной реализации потребности. Но ведут они к этому не прямо, а через диспозиции личности, через систему ценностных регулятивов и критериев. Эти ценностные эталоны служат осно-

вой для оценки репродуктивных ситуаций с учетом общей оценки образа жизни семьи в конкретных координатах места и времени.

Следует подчеркнуть, что вышеприведенная структура регуляции поведения требует введения еще одного элемента, без которого механизм функционирования поведения остается неполным. Это — «результат поведения». В социально-психологическом плане «детерминация поведения осуществляется путем оценки результата поведения, сообщенного с помощью обратной связи. Не поведение «в себе», а ценность его результата формирует личность и ее социальное поведение» [18, с. 109].

Главным результатом репродуктивного поведения является число рождений в конце репродуктивного периода жизни супругов или (при низкой детской смертности) число имеющихся в семье детей. Но важны и другие результаты — число беременностей, самопроизвольных и искусственных абортов, мертворождений, а также особенности практики контрацепции. Таким образом, возникающие репродуктивные ситуации (например, беременность) начинают оцениваться системой диспозиций личности исходя из существующего уровня потребности в детях (если он не реализован полностью, то вероятность рождения ребенка увеличивается) и с учетом ситуаций образа жизни (при благоприятной оценке условий жизни перспектива аборта отпадает). Следовательно, результатом поведения скорее всего будет рождение ребенка. При иных характеристиках основных элементов диспозиционной регуляции поведения та же самая репродуктивная ситуация может иметь иной исход. Но в любом случае образующийся результат поведения важен для понимания системы поведения в целом.

Выше были перечислены как бы внешние результаты поведения, выражающиеся в конкретных действиях и поступках. Но системный подход к изучению репродуктивного поведения требует не просто включения результата поведения в общую структуру. Надо учесть все возможные результаты, не только внешние, но и внутренние, т. е. не выражаемые вовне в виде поступков, в том числе и вербальных. Изменение взглядов и мнений (точнее, установок, мотивов, ценностных ориентаций) также есть результат поведения [5, с. 15]. Поэтому результатом поведения личности может оказаться изменение самих диспозиционных образований. К примеру, длительное неудов-

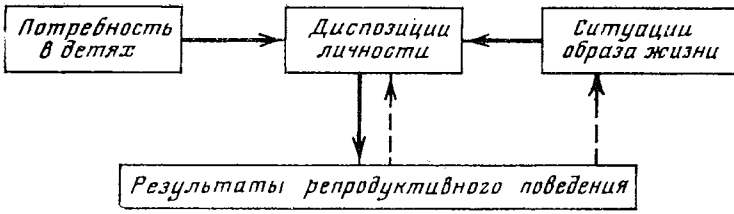



**Рис. 1 Структура дисиозиционной регуляции репродуктивного поведения личности**

летворение потребности в двух детях при наличии одного ребенка в семье, связанное с применением контрацепции и искусственными абортами, может в конце концов понизить ценность второго ребенка. Фактические действия по предупреждению рождения, объяснявшиеся ранее какими-либо неблагоприятными обстоятельствами, в силу своей ценностной значимости приведут к уменьшению репродуктивных установок (см. рис. 1).

Учет обратного влияния результатов поведения на диспозиции личности и на ситуации образа жизни семьи означает переход к анализу изменения системы индивидуального репродуктивного поведения и поведения семьи. Все это ведет к многообразию линий репродуктивного поведения личности. Например, при одинаковом уровне потребности в детях и одинаковых условиях жизни в зависимости от специфики диспозиций возможны различия, связанные с интервалами рождения детей, с интервалами между беременностями и числом их, с типами применяемых средств контрацепции и т. д. Поэтому анализ отдельных элементов структуры не поможет понять того, как складывается общая направленность поведения. Тут нужен учет прямых и обратных взаимодействий элементов, анализ всей системы поведения.

Подход, связанный с интересом к «сознательному ограничению» рождаемости, фиксировал внимание лишь на материальных условиях жизни семьи, выводя из них итоговое число детей в семье. Элемент «потребность в детях» не принимался во внимание; тем более это касалось «диспозиций личности», от которых зависела сама оценка материального уровня жизни. Только учет всех компонентов показывает, отчего при одинаковом уровне жизни

наблюдаются различия в числе детей, и, наоборот, почему при различиях в уровне жизни складываются одинаковые результаты репродуктивного поведения.

Определение ситуаций удовлетворения потребности в детях регулируется высшими слоями диспозиций личности — ценностными ориентациями, которые подразделяются на семейные и внесемейные. При прочих равных условиях число рождений больше там, где сильнее ориентации на семейную жизнь и детей, заставляющие воспринимать окружающие условия как благоприятные для полной реализации потребности в детях.

Выделение в теории репродуктивного поведения семейных и внесемейных ориентаций личности вызвано необходимостью найти среди высших диспозиционных образований такие ценности, которые являются специфическими для данного — репродуктивного — типа социального поведения. Этот способ типологизирования диспозиций может представить интерес, так как позволяет обнаруживать новые особенности поведения и объяснять противоречивые факты. К примеру, в регионах малодетности при сохранении внесемейных ориентаций личности любое повышение доходов если и ведет к увеличению числа рождений, то не за счет усиления потребности в детях, как обычно считается, а лишь благодаря улучшению условий реализации уже имевшейся потребности, благодаря более полной ее реализации.

Следует обратить внимание на необходимость вычленения потребности в детях из общей системы диспозиций. Если этого не делать, то растворение специфической потребности или ценности в системе диспозиций затруднит объяснение изучаемых феноменов. Как показал опыт демографии, рассмотрение потребности в детях в общей системе потребностей в рамках концепции «разрыва» между потребностями и возможностями их удовлетворения, привело одновременно к наделению потребности в детях, с одной стороны, высоким уровнем репродуктивных намерений и даже ростом его, а с другой — к уменьшению этого уровня. Невнимание к построению структур поведения, к структурным инвариантам поведения оборачивается противоречивостью теоретических объяснений. Если же брать систему поведения в целом, то легче найти свойства, не наблюдающиеся у отдельных элементов, и качества, присущие лишь отдельным элементам и не выводимые из целого.

Автономность такого элемента поведения, как потребность в детях, подтвердилась в дальнейшем фактами относительной неизменности этой потребности на протяжении жизни индивида, что особенно заметно по отношению к отдельным человеческим поколениям. Никакое улучшение условий жизни не способно повысить уровень потребности в детях нынешних брачных когорт. Сегодняшние условия жизни формируют размер потребности *завтрашних* поколений. Поэтому учет структуры репродуктивного поведения позволяет выделять и контролировать влияние прошлого на настоящее и настоящего на будущее.

Отсутствие интереса к системному исследованию репродуктивного поведения, к выявлению его основных элементов приводило и приводит к ошибочным представлениям о «естественном» характере потребности в детях, «неизменно высокой» потребности в многодетности. Не случайно поэтому, что ни одна классификация человеческих потребностей до сих пор не включает потребность в детях (чаще всего ее содержание распределяется между сексуальной потребностью и материнским «инстинктом»). С этой точки зрения, изучение в современной демографии потребности в детях устраняет еще одно белое пятно в познании человека.

Еще одна особенность, связанная с преимуществами разработки структуры регуляции поведения, заключается в том, что выделение в системе «результатов поведения» уточняет известную в социальной психологии проблему соответствия установок «поведению» как соответствие последующих действий предшествующим установкам. Демографические исследования показывают, что степень этого соответствия весьма высока [4, 5], а расхождения объясняются снижением плодовитости и некоторыми неблагоприятными обстоятельствами.

Наличие четких представлений о структуре поведения принципиально изменяет организацию социолого-демографических опросов населения. Возникает необходимость в таких показателях, которые в чистом, так сказать, виде характеризовали бы потребность в детях, диспозиции личности и поведенческие ситуации. В свою очередь, сбор эмпирической информации по индикаторам, представляющим в совокупности все компоненты структуры поведения, позволяет при итоговом анализе смоделировать наиболее характерные для разных групп населения линии репродуктивного поведения [3].

Модель диспозиционной регуляции репродуктивного поведения не следует смешивать с моделями поведения, построенными на рационалистической теории принятия решений, на экономической трактовке социального поведения. Ограниченность и недостатки этой трактовки снимаются при использовании представлений о целеполагающем поведении [10], что, по нашему мнению, близко идеям диспозиционной регуляции поведения. Во всяком случае, опыт исследований репродуктивного поведения свидетельствует о том, что реальное поведение оказывается, как правило, весьма нелогичным и противоречивым из-за рассогласования между компонентами поведения, а также из-за противоречивости, присущей каждому из элементов диспозиционной структуры (так как они сами суть системы, состоящие из взаимодействующих частей).

Наконец, следует учитывать, что рождаемость есть итог репродуктивного поведения миллионов семей и поэтому нельзя редуцировать репродуктивное поведение семьи как малой группы к поведению отдельных ее членов

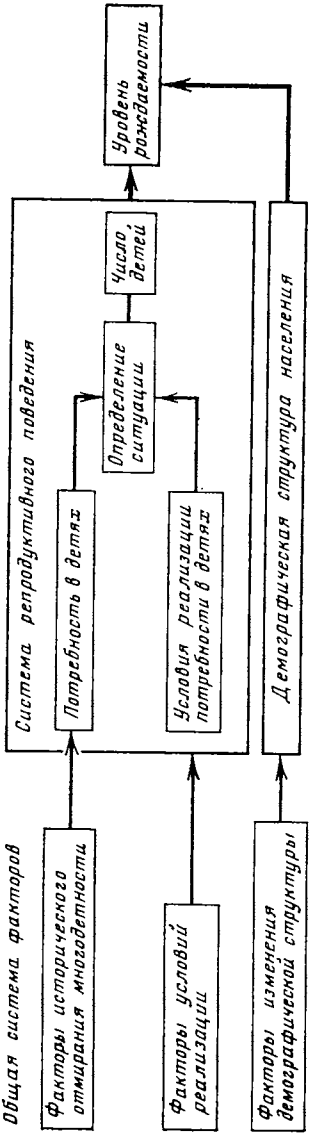



Рис. 2. Детерминация результатов репродуктивного поведения и уровня рождаемости

(обычно женщин). При измерении установок на число детей надо уметь находить показатели, выражающие установки семьи в целом. До сих пор в мире отсутствуют такие исследования, когда одновременно выявляются репродуктивные установки мужа, жены и их детей. Системный подход тут позволил сформулировать задачу, но еще не привел к ее удовлетворительному решению. Имея обширную информацию о репродуктивных ориентациях женщин, весьма скромную — об ориентациях мужчин и совсем незначительную — об ориентациях детей, мы пока еще крайне мало знаем о процессах, формирующих потребность всей семьи в детях, и об условиях, ведущих к ее реализации [17].

Переходя к изучению возможностей системного подхода при анализе социально-экономической детерминации репродуктивного поведения и изменения его типов, следует различать факторы прямого и опосредованного воздействия. Прямое влияние связано с факторами детской смертности, а также с параметрами плодовитости. Опосредованное влияние относится ко всем прочим факторам, действующим через основные элементы структуры поведения. Решающая роль принадлежит при этом факторам потребности в детях — факторы социальных ситуаций и их оценки имеют подчиненное значение с точки зрения детерминации наблюдаемых в данный момент времени результатов поведения.

Таким образом, «привязка» всего многообразия факторов репродуктивного поведения к элементам диспозиционной структуры позволяет находить истоки многообразия результатов поведения. Оно диктуется не только разнородностью влияний многообразных факторов, но и различием воздействия одного и того же фактора. Так, профессиональная занятость женщин усиливает их внесемейные ориентации, ослабляет потребность в детях и в то же время улучшает материальные условия реализации имеющегося уровня потребности в детях. Поэтому, чтобы учесть системный характер действия факторов на репродуктивное поведение и рождаемость, следует тщательно изучать особенности влияния каждого фактора на различные компоненты структуры.

Неперспективность «бесконечного» классифицирования необозримого числа факторов рождаемости, безуспешность поиска среди них «фундаментальных факторов» заявляют о себе в многочисленных сетованиях на «отсут-

ствие» теории факторов рождаемости и характеризуют несистемный подход к изучению детерминации рождаемости. При этом исключение репродуктивного поведения как посредника между «факторами» и «рождаемостью» связано либо с полным элиминированием поведения (вся задача состоит в составлении перечня факторов и в группировке факторов), либо в замене «поведения» другим компонентом, обычно являющимся частицей поведения в целом. Чаще всего между наборами факторов и рождаемостью вводится промежуточное звено, именуемое «сознательным ограничением» рождаемости или «применением контрацепции» [19]. Схематически детерминацию результатов репродуктивного поведения и уровня рождаемости можно изобразить следующим образом (рис. 2).

Социально-экономическое развитие, связанное с воздействием общественного производства на изменение функций семьи и ее посреднической роли между обществом и личностью, образует решающую группу факторов, ведущих к историческому уменьшению потребности семьи в детях. Эти факторы также усиливают и внесемейные ориентации личности, определяющие объективно благоприятные условия жизни как недостаточные для полной реализации потребности в детях. Воздействия индустриализации, урбанизации, научно-технического прогресса и социальной мобильности ведут к изменению образа жизни, условий реализации потребности в детях. Таким образом, среднее число детей в семье является итогом взаимодействия этих групп факторов. С учетом демографической структуры населения и семейной структуры среднее число детей в семье обусловливает итоговый уровень рождаемости.

В заключение еще раз подчеркнем, что негативные последствия низкой рождаемости и распространения малодетности делают крайне актуальной задачу разработки и осуществления демографической политики в области рождаемости. Успешное же ее решение невозможно без использования принципов системного исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981. 223 с.
2. *Алексеев И. С.* Способы исследования системных объектов в классической механике.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1972. М.: Наука, 1972, с. 72—89.

3. *Антонов А. И.* Социология рождаемости. М.: Статистика, 1980. 271 с.
4. *Белова В. А.* Число детей в семье. М.: Статистика, 1975. 176 с.
5. *Борисов В. А.* Перспективы рождаемости. М.: Статистика, 1976. 248 с.
6. *Вишневский А. Г.* Демографическая революция. М.: Статистика, 1976, 240 с.
7. *Волков А. Г* О некоторых причинах снижения коэффициента рождаемости.— В кн.: Изучение воспроизводства населения. М.: Наука, 1968, с. 171—183.
8. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
9. *Кон И. С.* Открытие «Я». М.: Политиздат, 1978. 367 с.
10. *Наумова Н. Ф.* О системном описании целенаправленного поведения человека.— В кн.: Системные исследования. Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 220—239.
11. *Новосельский С. А.* Демография и статистика. М.: Статистика, 1979. 270 с.
12. *Овчинников Н. Ф.* Структура и симметрия.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1969. М.: Наука, 1969, с. 111—121.
13. *Садовский В. Н.* Парадоксы системного мышления.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1972. М.: Наука, 1972, с. 133—146.
14. Система знаний о народонаселении. М.: Статистика, 1976. 367 с.
15. *Смулевич Б. Я.* Критика буржуазных теорий и политики народонаселения. М.: Соцэкгиз, 1959. 430 с.
16. *Струмилин С. Г.* Проблемы экономики труда. М.: Госполитиздат, 1957.
17. *Фосетт Дж.* Психология и демография.— В кн.: Проблемы народонаселения: О демогр. пробл. стран Запада. М.: Прогресс, 1977, с. 92— 118.
18. *Фридрих В.* Позиция и ее формирование.— В кн.: Исследование проблем молодежи в ГДР. М.: Мысль, 1976, с. 121—147.
19. *Хилл Р.* Современные тенденции в теории семьи.— В кн.: Социальные исследования. М.: Наука, 1970, вып. 4,с. 136—152.
20. *Хилл Р.* Семейные решения и социальная политика: Социол. аспект.— В кн.: Изменение положения женщины и семья. М.: Наука, 1977, с. 197—210.
21. *Щедровицкий Г П.* Проблемы построения системной теории сложного популятивного объекта.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1976. М.: Наука. 1976, с. 172—214.
22. *Ядов В. А.* О диспозиционной регуляции социального поведения личности.— В кн.: Методологические проблемы социальной психологии. М.: Наука, 1976, с. 89—105.
23. *Янч Э.* Прогнозирование научно-технического прогресса. М.: Прогресс, 1974, 587 с.

# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ И СИСТЕМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ КАК НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

О. И. ЛАРИЧЕВ

### 1. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В МЕТОДАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Всякий, кто сталкивается с проблемой принятия сложного решения в новой ситуации, где нельзя использовать заранее подготовленных правил, может оценить сложность таких проблем. Проблемы принятия сложных, уникальных [11] решений встречаются как в деловой сфере деятельности человека, так и в его личной жизни. В частности, к ним можно отнести все проблемы стратегического характера. Человек, принимающий решения о распределении ресурсов, о назначении на должность и т. д., обычно учитывает множество разнообразных и неформализуемых факторов, мнения других людей, свои знания и опыт и т. д. Ясно, что удачное решение проблемы (признанное удачным большинством заинтересованных людей и (или) позволившее получить хорошие объективные результаты) зависит в первую очередь от искусства лица, принимающего решения (ЛПР), ориентироваться в сложной обстановке, от умения выделить главное и пожертвовать второстепенным, от умения предугадать будущий ход событий. Как известно, человеческие качества руководителя в значительной мере предопределяют его умение находить правильное решение. Еще сложнее проблемы принятия коллективных решений. Эти решения определяются в ходе обсуждений, где возникает новая информация, а также компромиссы на основе взаимных уступок и борьбы влияний. Все это позволяет понять, почему многие ЛПР ставят под сомнение роль какого-либо анализа при принятии сложных решений.

Почему же возникает необходимость в использовании каких-то методов анализа вариантов решений? Почему одной личности талантливого руководителя недостаточно для успешного решения всех проблем?

На наш взгляд, существуют три основные группы причин, определяющие полезность использования методов принятия решений.

1. Систематизация процесса принятия решений, приводящая к увеличению информации ЛПР.

Анализ вариантов сложных решений связан с необходимостью получения дополнительной информации, привлечения экспертов. Применение методов принятия решений позволяет внести в этот процесс систематизацию: поставить перед руководителем вопрос о поиске людей, представляющих разные точки зрения на рассматриваемый вопрос; определить необходимую информацию; разработать формы ее сбора и представления и т. д.

2. Расширение фактических возможностей ЛПР к восприятию сложной многофакторной информации.

Опытный руководитель обычно знает, чего он хочет, имеет определенную политику в проблеме выбора. Эта политика формируется обычно путем поиска информации, путем обсуждения гипотез о возможных последствиях тех или иных решений. Однако в проблемах принятия уникальных решений эта политика представляет собой компромисс между сложностью задачи и возможностями ЛПР. Эти возможности ограничены, причем основные ограничения определяются не столько индивидуальными способностями ЛПР, сколько общими характеристиками системы переработки информации человеком. Так, ограниченная емкость кратковременной памяти заставляет человека использовать различные способы группировки информации [4, 8], различные эвристики [21, 32]. Опытный ЛПР знает ключевые факторы, которые следует учесть при принятии решений, но применяет их непоследовательно, по упрощенным правилам. Пластичность человека, его умение приспособить информацию к своим возможностям оборачиваются здесь иной стороной: «сжатие» информации приводит к ошибкам в оценках. В простейшем случае человек просто исключает часть критериев [32]. Используя более сложный и, казалось бы, вполне оправданный прием — пренебрежение малыми различиями в оценках по одному критерию, человек попадает в «ловушку противоречивости» (см. работу А. Тверского [37]).

Разумное применение методов принятия решений позволяет обнажить перед ЛПР суть выбора, сознательно выработать компромиссы, более последовательно проводить в жизнь определенную политику.

3. Привлечение консультантов к участию в решении проблем выбора.

Загруженность текущими проблемами часто не позволяет руководителю уделять должное внимание проблемам стратегического выбора. Между тем они относятся к тому кругу задач, которые нельзя передоверить. Методы принятия решений «приходят» к ЛПР, как правило, вместе с консультантом по принятию решений. Участие консультанта позволяет ЛПР фактически расширить свои возможности по сбору информации, по выработке и проведению в жизнь определенной политики.

Эти группы причин позволяют оправдать с практической точки зрения необходимость существования проблемы построения методов принятия решений как самостоятельного направления. Они не характеризуют современный потенциал методов принятия решений, а скорее указывают на задачи, к решению которых необходимо стремиться.

## 2. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Существуют все признаки того, что в настоящее время сложилось направление исследований, получившее название «принятие решений». Имеются многочисленные публикации на эту тему, специальные журналы, ряд книг, библиографии с большим числом наименований. Чаще всего под принятием решений понимают однократный процесс выбора человеком одного из альтернативных вариантов, характеризующихся оценками по многим критериям. Наряду с данной постановкой задачи рассматриваются (хотя и менее часто) другие: выбор, совершаемый группой людей (групповые решения), выбор в условиях риска, неопределенности, повторяющийся выбор и т. д. Что же отличает проблемы принятия решений от проблем исследования операций? Прежде всего — отсутствие четкой и объективной структуры рассматриваемой проблемы.

Для принятия решений как самостоятельного направления исследований наиболее характерна проблема, где структура есть субъективное понимание человеком или

группой лиц связей между параметрами системы. Более того, от этого понимания, от «взгляда на мир» зависит иногда и состав параметров, принимаемых во внимание. При оценке вариантов решений эти параметры выступают как критерии. Таким образом, роль лица, принимающего решение (ЛПР), становится центральной, что резко отличает данный круг задач от задач исследования операций.

В рамках направления «принятие решений» чаще всего идет речь о так называемых слабоструктуризованных или неструктуризованных проблемах [35]. Конечно, в рамках принятия решений рассматриваются иногда проблемы с объективно заданной структурой (при многих критериях) [13]. Но эти проблемы уже находятся на границе с хорошо структуризованными проблемами исследования операций [14].

С этой же точки зрения принятие решений близко к системному анализу в том его понимании, которое Дж. Шлесинжер удачно выразил следующим образом: «Необходимо определить область приложения анализа систем как проблемы, где конфликт между многими несоизмеримыми целями должен быть установлен путем суждений» [34]. Конечно, это понимание далеко от понимания Э. Квейда [10], характерного для первых приложений системного анализа к военно-техническим системам. Определение Дж. Шлесинжера достаточно хорошо характеризует современные практические работы в области системного анализа. Анализируя эти работы, можно выделить две основные составляющие системного анализа [11]:

1) совокупность логических этапов исследования проблемы (определить цели и ресурсы, определить альтернативные варианты решения, оценить альтернативы, сравнить их);

2) методы оценки альтернатив на основе субъективных суждений.

Вторая составляющая близка к тому, что понимается чаще всего под принятием решений. В принятии решений разработка методов сравнения альтернатив представляет собой основное направление исследований. В то же время, как известно, системный анализ предназначен для решения слабоструктуризованных проблем; принятие решений как направление ориентировано как на слабоструктуризованные, так и на неструктуризованные проблемы, в которых отсутствуют количественные характеристики. Так, в последние годы появились работы по применению мето-

дов принятия решений для анализа проблем выбора профессии, планирования семьи [25], т. е. для типичных неструктуризованных проблем.

Следует подчеркнуть также различие между направлением исследований, известным под названием «искусственный интеллект» [20], и принятием решений. В рамках работ по искусственному интеллекту чаще всего ставится задача моделирования способов решения задач человеком. Работы по принятию решений ориентированы чаще всего на помощь ЛПР при принятии решений, на построение субъективных моделей, отражающих взгляд ЛПР (или группы ЛПР) на проблему. Эти модели обычно имеют прескриптивный характер, т. е. предписывают правило выбора, а не описывают способы осуществления выбора человеком.

Для проблем, относящихся в настоящее время к принятию решений, наиболее характерны следующие особенности:

1) полное или частичное отсутствие объективной модели рассматриваемой проблемы (слабоструктуризованные и неструктуризованные проблемы);

2) субъективный характер правил оценки альтернативных вариантов решений;

3) учет многих критериев при оценке альтернатив;

4) направленность на построение моделей прескриптивного характера, предписывающих ЛПР правило выбора.

Нельзя сказать, что эти особенности характерны для большинства работ в области принятия решений. Фактическое состояние исследований в этой области представляет собой сложную картину. Чаще всего исследователей можно отнести к трем различным по направлению работ группам: 1) психологи, занимающиеся изучением и описанием реальных процедур принятия решений; 2) математики, занимающиеся аксиоматическими построениями и изучением моделей выбора; 3) специалисты по нормативным моделям, предписывающим людям правила рационального выбора. В настоящее время эти группы работают, почти не замечая друг друга, хотя существуют и призывы к объединению усилий, а также отдельные «вторжения» в «чужие» области (см. обзор литературы: по поведенческим аспектам принятия решений [36]; по математическим аспектам [6]; по нормативным методам [12, 13]).

## 3. ПОИСКИ ОБОСНОВАНИЯ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Если какую-то область исследований можно выделить по характерным признакам и по количеству исследователей, называющих свою продукцию одинаковыми словами, и если полезность этой области можно оправдать с практической точки зрения, то возникает вопрос о научных основах построения этой области, о критериях оценки получаемых результатов.

С нашей точки зрения, основным продуктом исследований в данной области являются нормативные (прескриптивные) методы принятия решений. Именно наличие таких методов оправдывает право этой области на самостоятельное существование. Если их исключить, то область исследований распадется на одно из частных направлений психологии и одно из частных направлений прикладной математики.

В чем же состоит научное обоснование выбора того или иного нормативного метода? Где основа, позволяющая определить, что один метод лучше другого?

В настоящее время можно проследить два основных направления в обосновании методов принятия решений. Одно из них связано с теорией полезности [18]. Проблема оценки альтернатив в рамках этого направления сводится к проблеме аксиоматического обоснования и построения функции полезности. Каждому набору аксиом соответствует определенный вид функции полезности. Проблема состоит в том, чтобы проверить на основе информации ЛПР справедливость тех или иных аксиом. Идеология этого подхода хорошо представлена книгой Х. Райфы и Р. Кини [27].

По-иному обосновывается подход, связанный с применением группы прямых методов (методов, где форма зависимости результирующей полезности альтернативы от ее оценок по многим критериям определяется заранее). Обоснование осуществляется путем выбора одного из «принципов» согласования оценок отдельных критериев (принцип равномерности, справедливой уступки и т. д.) [1]. Выбор принципа производится ЛПР на основе «здравого смысла».

В большинстве же нормативных методов принятия решений выбор самого метода обосновывается его соответствием тем или иным особенностям реальных задач,

удобств для ЛПР и т. д. Именно поэтому некоторые сторонники аксиоматического подхода называют их эвристическими, противопоставляя тем самым все прочие методы аксиоматическим как единственно «научно обоснованным».

Действительно, с формальной точки зрения обоснование аксиоматических методов представляется безупречным. Но, несмотря на это, в последние годы они подвергаются критике. В своей остроумной рецензии на книгу Х. Райфы и Р. Кини известный английский специалист по исследованию операций П. Райвет отмечает [30], что аксиоматические методы не подходят для решения реальных задач и не используются на практике. Многие критики отмечают, что аксиоматические методы основаны на представлении о ЛПР как о безошибочном и всемогущем измерителе полезностей [40]. Реальные ограничения людей по переработке информации мало интересуют разработчиков аксиоматических методов, хотя в последние годы появилось немало доказательств этих ограничений [32, 38]. К этим соображениям следует добавить следующие.

При практическом использовании аксиоматические и эвристические методы не так уж сильно различаются, если иметь в виду невозможность полной проверки аксиом. По сути дела все предлагаемые методы проверки аксиом представляют собой эвристические процедуры, столь же обоснованные, как и эвристические методы. Более того, эвристические методы компенсации, порогов несравнимости, человеко-машинные процедуры [13] гораздо лучше соответствуют особенностям целого ряда практических задач.

Дело в том, что с прагматической точки зрения во многих ситуациях совсем не обязательно строить функцию полезности. Так, например, при небольшом числе альтернатив и значительном количестве критериев попарное сопоставление альтернатив методами аддитивных разностей [37] (или методом «ЭЛЕКТРА» [31]) обычно позволяет получить требуемый результат. В то же время построение функции полезности в аксиоматических методах требует многочасовой работы с ЛПР, постановки непривычных и сложных для него вопросов. В одной из работ Р. Кини [28] понадобилось 8 час. работы с ЛПР для построения функции полезности, хотя речь шла о сравнении 6 альтернатив.

Таким образом, аксиоматическое обоснование функции полезности не признается многими удовлетворительным

обоснованием для нормативного метода принятия решений.

К сожалению, столь же неудовлетворительным является и выбор «принципа согласования» в прямых методах. Этот выбор должен осуществляться ЛПР, хотя с информационной точки зрения он очень труден. Как справедливо отмечает Е. С. Вентцель, сведение проблемы сравнения альтернатив к выбору принципов означает «перенос произвола из одной инстанции в другую» [3]. Дело в том, что, осуществляя выбор «принципа», человек должен както проанализировать его последствия, т. е. приемлемость для него выбранных альтернатив. Однако это равнозначно непосредственной оценке многомерных альтернатив. Известно, что задачи сравнения и оценки многомерных альтернатив очень сложны для ЛПР, он решает их с существенными погрешностями [32, 29]. Выбор «принципа» оценки еще сложнее, чем непосредственный выбор многомерной альтернативы.

## 4. ОЦЕНКА КОРРЕКТНОСТИ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Мы можем заметить, что критика известных способов обоснования нормативных методов принятия решений основана на некорректности путей получения информации от людей. Такой критике подвергаются как подходы, связанные с математическим (аксиоматическим) обоснованием, так и подходы, использующие для обоснования «здравый смысл» или «удобство для ЛПР». В соответствии с этой критикой создается впечатление, что математическая строгость не является адекватным обоснованием корректности метода. Апелляция к здравому смыслу особенно опасна там, где недостаточно изучены возможности получения информации от человека, не определены формы и методы получения этой информации. Результаты последних исследований [38] преподносят сюрпризы «здравому смыслу». Критика обоснований известных методов еще раз подчеркивает то обстоятельство, что наиболее важной проблемой в конструировании методов принятия решений является проблема получения информации от людей. Исходя из этого, можно предложить искать обоснование методов не в математике, а в психологии.

На наш взгляд, возможно принципиально иное обоснование корректности методов принятия решений. Каж-

дый нормативный метод принятия решений основан на той или иной информации, получаемой от ЛПР и экспертов (например, «назначить веса критериев», «сравнить разности оценок двух альтернатив по двум критериям», «найти точку безразличия для двух лотерей» и т. д.). Необходимо дать ответ на вопрос, насколько фактические возможности человека по переработке информации соответствуют требованиям метода принятия решений. Если мы можем сказать, что требования метода соответствуют возможностям получения надежной информации от людей, то метод можно назвать корректным. Если мы можем установить обратное, то метод не заслуживает такого названия.

Предлагаемое обоснование корректности метода требует ответа на вопрос, как и по каким критериям следует оценивать возможности человека по переработке информации?

В последние 5—7 лет были получены интересные результаты, показывающие, чего не может делать человек в задачах принятия решений. Так, А. Тверский, Д. Каneман и ряд других исследователей показали, что люди дают крайне ненадежные оценки субъективных вероятностей событий [38, 24]. Получены доказательства того, что люди совершают систематические ошибки при выявлении предпочтений на лотереях [22], делают ошибки при назначении весов критериев [36]. Недавние исследования [32] подтвердили результаты предыдущих работ [29], показавших, что сравнение объектов с оценками по многим критериям сложно для человека. Обобщение полученных результатов можно найти в обзорах [21, 11, 36]. Отметим, что речь идет о результатах, получивших неоднократное подтверждение в психологических экспериментах в отличие от интуитивных рассуждений на тему «Какая информация проста для ЛПР?».

По каким критериям оценивались действия человека по переработке информации в психологических исследованиях?

Прежде всего отметим эксперименты, в которых были заранее известны правильные ответы объективного характера [33]. Сравнение результатов работы человека с известными правильными результатами является хорошим критерием. К сожалению, такое сравнение не всегда возможно: не во всех задачах принятия решений правильный результат известен заранее.

Вторым распространенным критерием является последовательность, устойчивость в выражении предпочтений (например, одинаковые оценки для тех же объектов при их повторном предъявлении).

И наконец, весьма распространенным критерием является транзитивность. Во многих случаях эксперименты строятся так, что при решении слишком сложных для него задач человек проявляет нетранзитивность.

Нами был предложен [11, 26] четвертый критерий — сложность решающего правила (применительно к многокритериальным задачам). Дело в том, что для целого ряда задач использование первого критерия невозможно, а второй и третий могут удовлетворяться при весьма примитивной политике, переводящей почти все критерии в ограничения. В то же время опытный ЛПР стремится наиболее эффективно использовать все существенные для него критерии. Вероятно, именно поэтому Д. Рассо и А. Тверский проводили в своих экспериментах предварительный отбор испытуемых, использовавших при принятии решений все критерии (т. е. сочетания оценок по многим критериям). При стремлении выразить сложную политику с использованием сочетаний оценок по многим критериям ограниченные возможности человека проявляют себя в виде противоречивостей и непоследовательности в оценках.

Итак, для задач принятия решений при многих критериях можно использовать три критерия оценки возможностей ЛПР: последовательность, непротиворечивость и наличие сложных стратегий.

Что же известно к настоящему времени о надежных (в соответствии с приведенными выше критериями) способах выявления предпочтений ЛПР?

Известно, что если решение задачи возможно путем использования одной из привычных для ЛПР эвристик (три наиболее распространенные эвристики обсуждаются в [32]), то такое решение достаточно надежно.

Известно, что при определенном числе критериев оценок на шкалах человек может непосредственно классифицировать многомерные альтернативы [15]. Гипотеза о пределах этих возможностей проверялась в работе [16].

Известно, что человека можно обучить лучше оценивать субъективные вероятности событий. Известно, что применение нескольких разных эвристик существенно уменьшает количество ошибок, совершаемых при сравне-

нии многокритериальных объектов [32]. Известно также, что использование словесных определений оценок на шкалах критериев [11] позволяет более надежно выявлять предпочтения ЛПР. В частности, при этом можно получить непротиворечивую и сложную политику путем попарного сравнения понижений полезности вдоль шкал двух критериев, в то время как оценки прочих критериев либо лучшие, либо худшие [17]. Этот перечень сведений не претендует на полноту, но показывает, что имеются надежные способы получения информации, необходимые при конструировании нормативных методов принятия решений.

## 5. ПРИМЕР СРАВНЕНИЯ КОРРЕКТНОСТИ ДВУХ МЕТОДОВ

Рассмотрим две известные человеко-машинные процедуры принятия решений — метод Дайера — Джиоффриона [5] и метод ограничений [2] — с точки зрения информации, требуемой ЛПР при использовании метода.

Оба метода предназначены для класса задач, где известна объективная модель рассматриваемой проблемы, но качество решения оценивается по нескольким критериям. Процедуры поиска наилучшего решения при помощи данных методов представляют собой циклический процесс сотрудничества человека и ЭВМ. Цикл состоит из фазы анализа и принятия промежуточного решения человеком и фазы оптимизации, реализуемой ЭВМ. Различные человеко-машинные методы отличаются между собой информацией, требуемой на фазах анализа и принятия промежуточного решения.

В методе Дайера—Джиоффриона от ЛПР требуется определить в любой точке пространства критериев многомерный градиент (направление возрастания функции полезности). ЛПР осуществляет это следующим образом. Один из критериев выбирается в качестве опорного и определяется такое приращение значения по любому из прочих критериев, которое компенсирует заданное изменение значения опорного критерия. После выбора направления ЛПР рассматривает точки вдоль направления и выбирает лучшую из них (соответствующую максимуму полезности).

В методе STEM (метод ограничений) ЛПР на каждом этапе выделяет критерий, значение по которому является

худшим на данной итерации. ЛПР определяет ограничение на значение по данному критерию («не хуже чем»).

Требования, предъявляемые к ЛПР в методе Дайера—Джиоффриона, слишком сложны для него. Отмечалось [19], что, работая с малыми приращениями целевых функций, ЛПР будет допускать ошибки в определении градиента функции полезности. Крайне сложен для ЛПР поиск экстремума вдоль направления в многомерном пространстве, так как это эквивалентно сравнению альтернатив с оценками по многим критериям. Так как метод Дайера—Джиоффриона требует от ЛПР информации, которая не может рассматриваться как надежная, то этот метод нельзя назвать корректным.

Метод ограничений требует от ЛПР выполнения привычной для него операции — поочередного перевода критериев в ограничения путем назначения удовлетворительных значений. Показано [23, 39], что такой способ поведения характерен для людей, он связан с поиском «удовлетворительных» (по Саймону) решений. Конечно, при этом недостаточно учитывается связь между критериями, что может привести к увеличению количества циклов. Но с точки зрения характера информации, требуемой от ЛПР, метод ограничений можно считать корректным, научно обоснованным.

## 6. О КОНСТРУИРОВАНИИ КОРРЕКТНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

При конструировании нового нормативного метода принятия решений при многих критериях исходными данными являются:

1) наличие или отсутствие объективной модели;

2) количество критериев, характер шкал оценок (дискретные, непрерывные) по критериям, количество оценок на шкалах (при дискретных шкалах);

3) количество альтернатив, возможность получения информации о каждой альтернативе по всем критериям до построения решающего правила; возможность появления новых альтернатив в ходе решения;

4) характер оценок альтернатив (объективные, экспертные); возможность получения информации от беспристрастных экспертов; количество возможных экспертов; характер требуемых оценок (относящиеся к настоящему, прогнозные);

5) тип требуемого решения (выделить одну альтернативу, группу альтернатив, упорядочить альтернативы и т. д.); время между получением информации об альтернативах и предоставлением решения;

6) время, которое может уделить ЛПР для работы над проблемой; наличие нескольких ЛПР с несовпадающей политикой; стабильность предпочтений ЛПР.

Часть из перечисленных выше факторов должна быть учтена при построении процедуры применения метода, часть — при разработке самого метода. Центральным этапом при разработке метода принятия решений является обоснование формы и вида получения информации от ЛПР и экспертов. Это обоснование может быть осуществлено следующим образом.

Формулируется гипотеза о возможностях получения от ЛПР и экспертов информации в определенном виде, достаточной для перехода к требуемому решению. Конечно, если эта гипотеза была проверена ранее и признана правдоподобной, то ее можно просто использовать без всяких проверок. В противном случае необходима проверка на специально разработанных модельных экспериментах. Разрабатывается сценарий модельной ситуации принятия решений, хорошо знакомой для предполагаемой группы испытуемых. Отбирается группа испытуемых в 6—15 человек (это число обычно для психометрических исследований в области принятия решений). Совместно с некоторыми из испытуемых разрабатываются перечень критериев и шкалы оценок. Далее проводится психометрический эксперимент, в ходе которого испытуемые оценивают альтернативы. Исследователь, проводящий эксперимент, стремится поставить испытуемых в положение ЛПР, увеличить их мотивацию к поиску стратегии оценки. Схема эксперимента строится таким образом, чтобы ответы испытуемых можно было проверить на непротиворечивость (часть альтернатив повторяется) и транзитивность (через транзитивные замыкания совокупностей альтернатив). Для каждого из испытуемых даются оценки ответов по двум критериям: непротиворечивости и транзитивности. Кроме того, по ответам испытуемых выявляется их стратегия оценки. В первую очередь ставится вопрос о том, не используют ли люди упрощенные стратегии, как это бывает часто в задачах, сложных для испытуемых. Конечно, восприятие критериев и оценок индивидуально для каждого из испытуемых. Однако при подготовке экспе-

римента исследователь стремится выбрать критерии и оценки так, чтобы хотя бы у части испытуемых могло возникнуть стремление к достаточно сложной стратегии, использующей разные сочетания оценок критериев. Если в результате эксперимента выясняется, что все испытуемые (либо все испытуемые, имеющие малое число ошибок) использовали простые стратегии отсечек по критериям, то можно сделать один из следующих выводов: 1) проблема оценки сложна для испытуемых; 2) модельный эксперимент неудачен, требуются более сложная ситуация принятия решений и другие критерии. Если модельный эксперимент даст очевидные положительные результаты (группа испытуемых дает оценки явно не случайным образом, большинство испытуемых имеют малое число ошибок, имеются сложные стратегии), то результаты проверки гипотезы можно считать успешными и данный способ выявления предпочтений можно использовать в реальных задачах при работе с ЛПР. Если гипотеза не подтверждается при проверке, то данный тип вопросов нежелателен при работе с ЛПР, т. е. достаточно велика вероятность того, что эти вопросы окажутся сложными.

Конечно, в реальных задачах принятия решений мотивация у ЛПР выше, понимание собственной стратегии больше, чем у многих испытуемых в модельной ситуации.

Однако положительные результаты проверки гипотез в модельных экспериментах можно рассматривать как необходимое условие применения определенных процедур выявления предпочтений ЛПР. Без предварительной проверки эти процедуры не имеют достаточных обоснований для их практического использования. Положительные результаты проверки являются определенной гарантией при работе с неизвестным ЛПР. Без этих гарантий имеется опасность постановки слишком сложных вопросов, при ответе на которые ЛПР допускает много ошибок и использует упрощенные стратегии.

Положительные результаты проверки гипотез не исключают необходимости проверки предпочтений ЛПР (на непротиворечивость и транзитивность) при использовании вопросов данного типа.

В качестве примера методов, разработанных и обоснованных данным образом, можно привести методы ВЫБОР [11, 15] и ЗАПРОС [11, 17].

Отметим, что с увеличением числа работ по способам получения от людей надежной информации проблема разработки корректных методов принятия решений существенно упростится.

* * *

Несомненны историческая связь принятия решения с исследованием операций и преемственность многих идей. Более того, ряд задач принятия решений представляют собой характерные задачи исследования операций при многих критериях [13, 9]. В исследовании операций основные критерии научности и обоснованности результатов те же, что и в естественных науках: математическая строгость, повторяемость результата при тех же начальных условиях, объективный характер моделей.

Субъективный характер моделей в типичных задачах принятия решений меняет критерии оценки результатов. Наиболее важным становится требование корректности способа получения информации от участников процесса принятия решений. Понимание специфики работы в данном направлении является, на наш взгляд, одним из условий получения новых и интересных результатов.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Борисов В. И.* Векторная оптимизация систем.— В кн.: Исследование систем. М.: ВИНИТИ, 1971, с. 106—114.
2. *Бенайюн Р., Ларичев О. И., Монгольфье Ж. де, Терни Ж.* Линейное программирование со многими критериями качества: Метод ограничений.— Автоматика и телемеханика, 1971, № 8, с. 108—115.
3. *Вентцель Е. С.* Выступление в дискуссии на симпозиуме «Исследование операций и анализ развития науки».— В кн.: Исследование операций: Методол. аспекты. М.: Наука, 1972.
4. *Грановская Р. М.* Восприятие и модели памяти. М.: Наука, 1974, с. 25—30.
5. *Джиоффрион А., Дайер Дж., Файнберг А.* Решение задач оптимизации при многих критериях на основе человеко-машинных процедур.— В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976, с. 126—145.
6. *Емельянов С. В., Наппельбаум Э. Л.* Методы исследования сложных систем: Логика рационального выбора. М.: ВИНИТИ, 1977, с. 5—101.
7. *Зуев Ю. А., Ларичев О. И., Филиппов В. А., Чуев Ю. В.* Проблемы оценки предложений по проведению научных исследований.— Вестн. АН СССР, 1979, № 8, с. 29—39.
8. *Клацки Р.* Память человека, структуры и процессы. М.: Мир, 1970. 319 с.

9. *Кожухаров А. Н., Ларичев О. И.* Многокритериальная задача о назначениях.— Автоматика и телемеханика, 1977, № 7, с. 71—88.
10. *Квейд Э.* Методы системного анализа.— В кн.: Новое в теории и практике управления производством в США. М.: Прогресс, 1971, с. 78—98.
11. *Ларичев О. И.* Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979. 200 с.
12. *Ларичев О. И.* Методы многокритериальной оценки альтернатив.— В кн.: Многокритериальный выбор при решении слабоструктуризованных проблем. М.: ВНИИСИ, 1978, с. 5—29. (Тр. ВНИИСИ; Вып. 5).
13. *Ларичев О. И., Поляков О. А.* Человеко-машинные процедуры решения многокритериальных задач математического программирования: (Обзор).— Экономика и мат. методы, 1980, т. 16, вып. 1, с. 129—145.
14. *Ларичев О. И.* Некоторые проблемы методологии принятия уникальных решений.— В кн.: Философские аспекты системных исследований. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 24—31.
15. *Ларичев О. И., Бойченко В. С., Мошкович Е. М., Шепталова Л. П.* Методы иерархических схем в программно-целевом планировании научных исследований. М.: ВНИИСИ, 1978. 72 с.
16. *Ларичев О. И., Мошкович Е. М.* О возможностях получения от человека непротиворечивых оценок многомерных альтернатив.— В кн.: Дескриптивные исследования процедур принятия решений при многих критериях. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 58—66. (Тр. ВНИИСИ; Вып. 9).
17. *Ларичев О. И., Зуев Ю. А., Гнеденко Л. С.* Метод ЗАПРОС: (ЗАмкнутые ПРоцедуры у Опорных Ситуаций) анализа вариантов сложных решений.— В кн.: Многокритериальный выбор в слабоструктуризованных проблемах. М.: ВНИИСИ, 1978, с. 83—96. (Тр. ВНИИСИ; Вып. 5).
18. *Нейман Дж. фон, Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 707 с.
19. *Руа Б.* Проблемы и методы принятия решений в задачах со многими целевыми функциями.— В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976, с. 20—58.
20. Вычислительные машины и мышление. М.: Мир, 1969. 600 с.
21. *Aschenbrenner M.* Komplexes Wahlverhalten als Problem der Informationsverarbeitung. Mannheim: Univ. Mannheim, 1979. 18 S.
22. *Dolbear F. T., Lave L. B.* Inconsistent behaviour in lottery choice experiments.— Behav. Sci., 1967, vol. 12, N 1, p. 14—23.
23. *Dyer J.* An empirical investigation of a man-machine interactive approach to the solution of the multiple criteria problem.— In: Multiple Criteria Decision Making. Columbia: Univ. S. Caroline Press, 1973, p. 202—216.
24. *Fischhoff B., Beyth R.* I knew it would happen-remembered probabilities of once-future things.— Organizat. Behav. and Hum. Perform., 1975, vol. 13, p. 1—16.
25. *Jungermann H.* Decisionetics: The art of helping people to make difficult decisions.— In: VII Res. congr. on subjective probability, utility and decision making. Göteborg Univ. Göteborg, 1979, p. 1—36.
26. *Larichev O. I., Boichenco V. S., Moshkovich H. M., Scheplalova L. P.* Modelling multiatribute information processing strategies

in a binary decision task.— Organiz. Behav. and Hum. Perform., 1980, vol. 26, p. 278—291.
27. *Keeney R., Raiffa H.* Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. N. Y.: Wiley, 1976. 600 p.
28. *Keeney R. L.* Energy policy and value tradeoffs: IIASA Res. memorandum, RM-75-76, 1975. 68 p.
29. *Marschak J.* Decision making: Economic aspects.— In: International encyclopedia of social sciences. N. Y.: Crowell, Colier, MaCmillan, 1968, vol. 4, p. 42—55.
30. *Rivett P.* The dog that did not bark.— Eng. Econ., 1977, vol. 22, N 4, p. 298—300.
31. *Roy B.* Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE).— Rev. franc. inform. et rech. opér., 1968, vol. 2, N 8, p. 57—75.
32. *Russo I. E., Dosher B. A.* An information processing analysis of binary choice: Rep. of Carnegie-Mellon Univ. Pittsburg: Carnegie-Mellon Univ., Nov., 1976. 53 p.
33. *Sackman H.* Delphi assessment: Export opinion, forecasting, and group process. Los Angeles: RAND Corp. 1974, R — 1283 — PR, 118 p.
34. *Schlesinger J. R.* Quantative analysis and national security.— World Polit., 1963, vol. 15 — N 2, p. 85—107.
35. *Simon H., Newell A.* Heuristic problem solving: The next advance in operations research.— Oper. Res., 1958, vol. 6, N 1, p. 1—20.
36. *Slovic P., Fischoff B., Lichtenstein S.* Behavioral decision theory.— Annu. Psychol. Rev., 1977, vol. 28, p. 1—39.
37. *Tversky A.* Intransitivity of preferences.— Psychol. Rev., 1969, vol. 76, N 1, p. 31—48.
38. *Tversky A., Kahneman D.* Judgement under uncertainty: heuristics and biases.— Science, 1974, N 185, p. 1124—1131.
39. *Tversky A.* Choice by elimination.— J. Math. Psychol., 1972, p. 341—367.
40. *Winterfeldt D. von.* An overview, integration and evaluation of utility theory for decision analysis.— Social Sci. Res. Inst., Univ. of South California, SC. Rept. 75—9, Los Angeles, 1975. 71 p.

# ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СВОБОДНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Р. М. ФРУМКИНА

Что может и чего не может человек в задачах принятия решений? Этот вопрос оказался сегодня в центре внимания специалистов по системному анализу [4]. Вопрос адресован и психологам: поведение человека в условиях выбора обусловлено не только характером ситуации, прагматическими целями и тому подобными факторами, но и устройством человеческой психики. За последние годы мы кое-что узнали о том, как ведет себя человек в ситуации выбора. Мы знаем, например, что возможности человека в задачах упорядочивания ограничены не только тем, какие объекты он должен упорядочить, но и тем, сколько их. Мы знаем, что психика человека устроена так, что он хорошо оперирует с порядковыми шкалами и гораздо хуже — с интервальными. Многое сделано в области изучения того, как ведет себя человек в задачах количественного определения вероятностей событий.

Интересно отметить, что важные ограничения, накладываемые структурой человеческой психики на такие операции, как ранжирование или использование интервальной шкалы, были выявлены при проведении собственно психологических экспериментов, материал которых, казалось бы, заведомо далек от проблематики системного анализа (ср. [2, 5]). Сегодня, когда «человеческий аспект» в процессах принятия решений оказался в центре внимания, кажется очевидным, что без представления о характере элементарных операций, о структуре отдельных звеньев процесса принятия решений мы так и не узнаем, какие задачи более и менее сложны для человека, какова надежность получаемой от него информации.

Элементарной операцией, постоянно совершаемой человеком в процессе выбора и принятия решений, является классификация. Вообще говоря, элементарной операцию классификации можно назвать только по отношению к более крупному фрагменту деятельности, частью (этапом) которой обычно является классификация. Сама по себе классификация отнюдь не элементарна: это справедливо не только для реальных жизненных ситуаций, но и для самых простых экспериментальных классификацион-

ных задач. Мы попытались показать это в работе [3], где были сформулированы общие проблемы, связанные с изучением процесса свободной классификации, выдвинуты некоторые гипотезы об особенностях поведения человека при решении задач на свободную классификацию объектов и даны результаты предварительных экспериментов. В настоящее время у нас имеется большой экспериментальный материал, позволяющий с достаточной обоснованностью высказаться о гипотезах, сформулированных в [3]. Напомним основные положения этой работы.

## СВОБОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ФЕНОМЕН «КЛАССИФИКАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ»

Ситуация свободной классификации предполагает следующую схему эксперимента. Испытуемому (далее — И.) предъявляется некоторый набор объектов с предложением классифицировать их, разбив набор на некоторое количество непересекающихся классов — например, разложив их на кучки. Указывается, что «похожие» объекты должны оказаться в одном классе, а «непохожие» — в разных. Выбор основания классификации предоставляется И. На количество классов и их объем не накладывается никаких ограничений. Мы предположили, что результаты свободной классификации будут зависеть не только от набора объектов, предъявляемых И., но и от некоторых особенностей поведения испытуемых (далее ИИ), обусловленных спецификой задачи классификации (в отличие от задачи упорядочивания). Первая зависимость очевидна; мнение о существовании второй к моменту написания работы [3] основывалось на результатах предварительных экспериментов. Сегодня мы с достаточной уверенностью можем сказать, что феномен «классификационного поведения», т. е. зависимость результатов свободной классификации от определенных свойств человеческой психики, существует. Можно указать следующие типические проявления «классификационного поведения», справедливые для большинства обследованных нами лиц и не зависящие от материала, предъявляемого для классификации.

*Предложение 1.*[1] Если при разбиении множества объектов на непересекающиеся классы объем одного из клас-

[1] Мы назвали эти формулировки «предложениями», поскольку их статус на данный момент является промежуточным — это уже не предварительные гипотезы, но еще и не окончательные утверждения.

сов оказывается непропорционально велик по сравнению с объемом всего множества и с объемом других классов, то это кажется И. неестественным. Как следствие, он начинает подыскивать основание, по которому можно было бы разбить этот класс на более мелкие, и делает это даже в тех случаях, когда подыскать подходящее основание нелегко.

*Предложение 2.* Если при разбиении множества объектов образуется непропорционально много единичных классов, то это кажется испытуемым неестественным. Как следствие, они начинают подыскивать основание для того, чтобы объединить некоторые из этих одноэлементных классов; и делают это даже тогда, когда материал не дает к тому достаточно поводов.

*Предложение 3.* В процессе разбиения множества объектов на непересекающиеся классы И., как правило, образует классы, существенно различающиеся по объему. Равномощные классы — редко наблюдаемое исключение.

*Предложение 4.* Классификация, в которой много объектов, но мало классов, представляется ИИ. неестественной.

## КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И РЕФЛЕКСИЯ ЕГО УЧАСТНИКОВ

В процессе проведения экспериментов по свободной классификации мы обратили внимание на следующее. Значительная часть ИИ. воспринимает экспериментальное задание как своего рода тест, выявляющий их личностные особенности или установки. В чем это проявляется? Например, в том, что И., который сразу увидел определенное решение предложенной задачи, отбрасывает данный вариант в силу якобы его «очевидности»: как следует из самоотчета, И. усомнился в том, что экспериментатор (далее — Э.) мог предложить задание со столь простым решением. И., таким образом, или боится, что на фоне других участников опыта его сочтут «недалеким», и потому старается быть пооригинальнее, или же, ставя себя на место Э., решает, что в принципе в экспериментах не дают таких примитивных задач, а значит то́, что ему пришло в голову, просто неверно.

Описанный психологический процесс свидетельствует о том, что в экспериментах по свободной классификации, а также, как естественно думать, в других экспериментах, где ИИ. предлагаются так называемые «нечетко поставлен-

ные задачи» (терминология М. М. Бонгарда [1]), в качестве важной составляющей выступает рефлексия И. об Э. и его целях. Тот факт, что рефлексия И. об Э. существенно влияет на исход любого психологического эксперимента, достаточно подробно обсуждался (см., например, [10]). Итог обсуждения примерно таков: позаботьтесь о том, чтобы И. как можно меньше рефлектировал о целях Э., иначе ваш эксперимент не будет чистым. Следуя этому совету, мы должны были бы стремиться к тому, чтобы минимизировать роль рефлексии в наших экспериментах. Как показал анализ результатов и самоотчетов ИИ., рефлексия при решении «нечетко поставленных задач» играет особую роль, а потому такой подход сильно обеднил бы наши выводы.

В самом деле, задумаемся над тем, что представляет собой «нечетко поставленная задача»? Прежде всего у нее нет решения, которое можно было бы объявить единственно правильным. Имеется, как правило, несколько логически равноправных [2] решений, из которых человек почему-то выбирает одно. Так, в задачах свободной классификации заведомо существует несколько разных оснований, позволяющих дать разные разбиения исходного множества объектов на классы, и все они осмыслены. Если участник эксперимента это понимает, то у него возникает довольно законный вопрос: а какого именно решения — поскольку оно должно быть одно — от него ждет Э.? И. тем самым начинает пытаться имитировать мышление Э. Направленность этой имитации, т. е. рефлексия И., зачастую и предопределяет выбор того или иного решения.

Итак, в самом общем виде интересующая нас проблема формулируется так: если несколько классификацион-

[2] Этим наши эксперименты принципиально отличаются не только от опытов по схеме «образование понятий» [7, 8], где «правильная» классификация задумана Э. и опыт ведется с постоянной обратной связью, но и от опытов, которые номинально считаются экспериментами по свободной классификации, но и в них материал так заранее структурирован Э., что только один вариант классификации с точки зрения логики является лучшим. Мы имеем в виду работы типа [6, 9], где стимульный материал включает. например, слова, относящиеся к именам категорий объектов (типа *животные, растения, мебель*), наряду со словами, указывающими на представителей соответствующих категорий (типа *слон, ромашка, табуретка*). Ясно, что Э. ждет от И. иерархической классификации, а все другие считает менее «логичными» и в силу этого худшими.

ных решений логически одинаково приемлемы, то почему И. предпочитает одно из них другому?

Описываемые ниже эксперименты показывают, как при выборе решения взаимодействует рефлексия ИИ. об Э., а также те общие закономерности классификационного поведения, которые перечислены в предложениях 1—4.

## ЭКСПЕРИМЕНТ I — СВОБОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МОНЕТ

Данный эксперимент был задуман как модельный, т. е. максимально простой по стимульному материалу и характеру задания, что, как мы надеялись, позволит выявить трудности, ожидающие Э. при работе с более сложными стимулами.

В эксперименте для классификации ИИ. предъявляется набор монет, состоявший из 23 пятаков, 2 трехкопеечных монет и 1 однокопеечной.

Монеты были выбраны в качестве стимулов на основе следующих соображений: 1) для абсолютного большинства И. монета — это объект, обладающий одним и тем же «доминантным» признаком. Такой признак — это достоинство монеты. Все прочие характеристики монеты можно считать имеющими заведомо меньшие веса; 2) прочие признаки, по которым ИИ. могли бы проводить классификацию монет, легко перечислимы, к тому же одни из них выражены «дискретно»,— например год выпуска, а другие, условно говоря, «непрерывны» — это блеск, степень потертости рельефа, деформированность диска. Приводим текст инструкции: «Перед Вами набор монет. Пожалуйста, разложите эти монеты на группы (кучки) в соответствии с каким-либо их признаком, который кажется Вам существенным. Мы обращаем Ваше внимание на то, что в этом эксперименте нет «лучших» и «худших» ответов: опыт не является психологическим тестом, он не направлен на выявление особенностей Вашей личности или интеллекта. Любая предложенная Вами классификация для экспериментатора в равной мере интересна. На число классов и их объем не накладывается никаких ограничений».

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

А. *Характер классификации.* Абсолютное большинство ИИ. (36 из 40) разделили группу из 23 пятаков на более мелкие классы, т. е. поступили в соответствии с Предло-

жением 1. Независимо от выбора основания классификации и особенностей стратегии классы, образованные ИИ., не были равномощными, что согласуется с Предложением 3.

Б. *Типы стратегий* (по данным наблюдений и самоотчетов ИИ.). Укажем в начале моменты, которые являются общими для большинства ИИ. Работа ИИ. с набором монет включает четыре этапа: 1) ознакомление с составом набора, в результате чего ИИ. оценивают набор как «много пятаков с вкраплением еще каких-то монет», 2) удаление «чужеродного» материала, после чего перед ИИ. лежит кучка из 23 пятаков; 3) эта кучка оценивается как «слишком большой класс», как нечто, к чему операция классификации еще должна быть приложена; 4) ИИ. переходят к поиску оснований, по которым 23 пятака можно разбить на более мелкие классы. Используются практически все признаки монет, упоминавшиеся нами выше. Ниже мы опишем отдельные типы стратегий, которые нам удалось выделить при анализе процесса принятия решений в эксперименте с классификацией монет. Важно помнить, что это деление ИИ. на типы, как и любая типология, предполагает определенное огрубление и заострение основных черт поведения. Мы не утверждаем, что повторение подобного эксперимента позволит выделить только описываемые ниже типы и никакие иные; мы, скорее, уверены в том, что возможны и разнообразные комбинации стратегий. Отчасти это видно уже из описания наших наблюдений в эксперименте II, о чем речь пойдет далее. Итак, в эксперименте I нам удалось выявить четыре основные типа поведения ИИ.

*Тип 1.* «Умеренный» И. (он же — «рационалист»): 21 из 40. К этому типу относится большинство ИИ. из обследованной нами группы. Поведение «умеренного» И. слагается из четырех описанных выше этапов. На этапе 4 «умеренный» И. предлагает разбить пятаки по какому-либо одному признаку, который кажется ему наиболее естественным, например по году выпуска или по степени блеска и т. д. Содержание рефлексии «умеренного» И. об Э. в целом соответствует тому, что выше мы указали как этап 3: классификации — это деление на группы; если соотношение групп таково, что в одной — 23 элемента, а в других — 2 и 1 элемент, то, видимо, Э. ждет от И., чтобы тот нашел принцип, по которому группу из 23 элементов нужно делить дальше. «Рационализм» данных ИИ. мы

видим в том, что, предлагая некоторый признак, позволяющий разделить 23 пятака на более мелкие классы, они выбирают очевидный «сильный» признак, действуют с уверенностью и не слишком озабочены тем, насколько они были оригинальны.

*Тип 2.* «Усердный» И. (он же — «максималист»): 12 из 40. Максимализм «усердного» И. проявляется в том, что он предлагает не одну классификацию набора из 23 пятаков, а перебирает все приходящие ему в голову варианты разбиений, пока не исчерпает свои возможности. Пример из самоотчета «усердного» И.: «Ясно, что этот класс слишком велик, надо его поделить, только надо сообразить как... А, вот есть блестящие и потертые [*делит*]. Можно еще и по годам [*делит*]; теперь внутри этой группы можно тоже выделить более и менее блестящие — ну, теперь их уже просто не различишь...» На вопрос Э.: «Что побудило Вас искать способ поделить пятаки на еще более мелкие классы?» — обычным ответом было: «Этот класс выглядит непропорционально большим, вот если бы их было не так много, я бы, может быть, тут и остановился, а при таком большом классе ясно,что это — не все, что есть какие-то признаки, надо делить дальше».

Закончив работу с пятаками, «усердный» И. иногда обнаруживает, что трехкопеечные монеты тоже различаются между собой: он готов поделить и этот класс из двух элементов: например, одна монета — ржавая, другая — нет. Рефлексия «усердного» И. о задачах эксперимента состоит в том, что он полагает, что от него ждут максимума деятельности по выполнению задания и само решение задачи классификации он видит в использовании всех усмотренных оснований,— в том, что классифицировать — значит делить, покуда это еще имеет смысл.

*Тип 3.* «Простодушный» И. (он же — «минималист»): 4 из 40. Характерная черта такого И. состоит в том, что он заведомо не относится к эксперименту как к тесту по проверке своих умственных способностей. Задача кажется ему весьма простой, поскольку достоинство монеты он сразу выделяет как совершенно очевидный признак. В конце работы перед «простодушным» И. лежит кучка пятаков, 2 трехкопеечных монеты и 1 однокопеечная. На вопрос Э.: «А ничего, что один класс такой большой, а прочие — такие маленькие?» — «простодушный» отвечает: «Но ведь это пятаки, их в наборе много, вот и получился большой класс». Поскольку «простодушный» И. не

строит специальных гипотез о том, что, собственно, мог бы иметь в виду Э., давая столь простое задание, он спокойно заканчивает работу на этапе 2. Поэтому мы и назвали его «минималистом»: в соответствии со своей рефлексией об Э. и о задачах эксперимента он делает минимум возможной работы.

*Тип 4.* «Подозрительный» И. (он же — «оригинал»): 3 из 40. Если поведение «простодушного» И. включает только два этапа из упомянутых ранее четырех, то поведение «подозрительного» И. в них вообще не укладывается. Увидев набор монет, состоящий из пятаков, трехкопеечных монет и одной однокопеечной, «подозрительный» И. приходит сразу к выводу, что дело вовсе не в достоинстве монет, доминантный признак отвергается сразу как слишком очевидный. Где же подвох? Какое решение задумал Э.? Основа стратегии «подозрительного» И.— в попытке поставить себя на место Э. и угадать, чего от него ждут в ситуации, которая намеренно представлена как простая, а скрывает за собой ловушку. Пример попытки не попасть в эту ловушку — классификация, названная И. «по оттенкам меди», где достоинство монеты вообще не было принято во внимание.

Резюмируем наши наблюдения: 33 ИИ. из 40 — это «рационалисты» и «максималисты»; их представления о целях Э. и интерпретация содержания задачи классификации довольно близки. Различие между этими типами ИИ. скорее «количественное»: рационалисты довольствуются о д н и м вариантом разбиения класса из 23 пятаков, который кажется им «непропорционально большим»; максималисты предлагают набор возможных решений. «Минималисты», которые фактически не делают никакой классификационной работы, и «подозрительные» ИИ., которые, пытаясь имитировать мышление Э., могут, по существу, решать какие-то свои задачи, составляют меньшинство.

## ЭКСПЕРИМЕНТ II — СВОБОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТОЧЕК НА ПЛОСКОСТИ

В эксперименте ИИ. предъявлялись последовательно две карточки: малая и большая. На каждой из карточек было нанесено некоторое множество точек. Предлагалось разбить это множество точек на группы наиболее естественным для ИИ. способом. Свое мнение надо было выразить, обведя каждую группу точек («класс») замкнутой

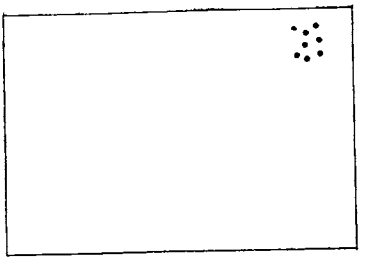


Рис. 1

линией. Множество точек на обеих карточках устроено следующим образом (вид малой карточки представлен на рис. 1):

1) оно содержит 3 «несомненных» класса — три скопления точек (9, 6 и 4), лежащих очень близко друг от друга; при этом наибольший класс (из 9 точек) лежит в правом верхнем углу листа (куда, как известно, падает первый взгляд человека); все три класса лежат далеко друг от друга;

2) все остальные точки лежат как можно дальше и друг от друга, и от указанных выше трех классов,— таким образом, чтобы каждая из них по возможности могла образовать отдельный класс. На одной карточке таких изолированных точек — 3, на другой — 21 изолированная точка. Таким образом, в первом случае «изолированных частей» — точек либо тесных скоплений — 6, а во втором — 24, т. е. вчетверо больше. Поэтому во втором случае карточка берется вчетверо большей площади (вдвое больше по каждому измерению); следовательно, в обоих случаях удельная площадь, занимаемая точкой либо скоплением, одинакова. Ожидаемый результат этого эксперимента состоял в следующем. На малой карточке множество точек скорее всего должно было бы быть разделено так: 6 классов, содержащих 9, 6, 4, 1, 1, 1 точку. На большой карточке ИИ. окажутся перед дилеммой: можно ли оставить «непристроенными» 21 изолированную точку? В соответствии с Предложением 2, мы полагали, что ИИ. будут стремиться как-то сгруппировать хотя бы часть этих точек, интерпретируя задачу классификации в данном ее варианте прежде всего как объединение или присоединение.

Мы предполагали, кроме того, что хотя на первый взгляд в экспериментах I и II ИИ. получают одинаковое задание — произвести свободную классификацию, т. е. задание, в котором не накладывается ограничений ни на принцип классификации, ни на численность и мощность классов, интерпретация задания и используемые стратегии могут оказаться существенно различными за

счёт различий в стимульном материале. В чем эти различия? Прежде всего — в том, что у монет есть признаки, легко выделимые для всех ИИ., хотя и имеющие у разных ИИ. разный вес: мы упоминали выше достоинство монеты, год выпуска, потертость и т. д. У точек признаков нет, в этом смысле они неразличимы, а значит, и сами понятия «класс», «классификация» могут получить иное наполнение.

Далее. Монеты можно было перемещать на плоскости стола, складывать в кучки и столбики. Точки зафиксированы на листе, передвинуть их нельзя. Из монет можно было «сложить» классы, а в конфигурации точек надо «увидеть» классы: задачи, как можно думать, совершенно разные. Так оно и оказалось. Поэтому и характер рефлексии ИИ. об Э. в эксперименте II более выражен, а стратегия ИИ. более разнообразна. В эксперименте II участвовали 48 ИИ.— представители разных возрастов и профессий. Мы позаботились о том, чтобы среди наших ИИ. не было лиц, которые по роду своей деятельности занимались какими-либо задачами, сходными с нашей (как, например, кластер-анализ). Эксперимент состоял из двух серий: в первой вначале предъявлялась малая карточка, затем — большая, а во второй — порядок был обратным. Когда оказалось, что на результаты эксперимента порядок предъявления не влияет, мы объединили данные по сериям.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

А. Характер классификации. Для поведения большинства ИИ. сформулированное выше Предложение 2 оказывается справедливым: большое число изолированных точек порождает у ИИ. желание как-то их «пристроить». Независимо от конкретных решений, о характере которых речь пойдет ниже, большинство ИИ. понимают «классификацию» как объединение или присоединение, шире говоря — некоторое структурирование материала.

Б. Типы стратегий. *Тип I.* «Рационалист». Общим для поведения «рационалиста» является простота стратегии в сочетании с уверенностью, что предложенные ими способы классификации — наиболее естественные. Акт классификации рационалист понимает как группировку, потому как на малой карточке, так и на большой

стремится не иметь единичных точек: они мыслятся им как «непристроенные». «Рационалист» никогда не разбивает те скопления точек, которые Э. считал «несомненными» классами: он понимает свою задачу как продолжение того этапа, на котором Э. прервал работу. К чему приводит такая установка? На малой карточке мы получаем два более или менее равночастых решения: 1) (рис. 2, сплошная линия) все единичные точки объединены, скопления без изменений; всего классов — четыре; 2) (рис. 2, пунктир) каждая единичная точка присоединяется к скоплениям; всего классов — три. Подчеркнем, что этот результат был для нас скорее неожиданным: планируя эксперимент, мы считали, что три «единичных» точки не должны являться для ИИ. источником дискомфорта. Оказалось, что для «рационалистов» (а их по данным малой карточки 33 из 48) более естественно не иметь единичных классов вовсе. Большая карточка (21 решение из 48) дает большее разнообразие. Доминируют следующие: 1) три исходных класса и все единичные точки вместе — всего четыре класса; 2) сохраняются три исходных класса, а единичные точки группируются разными способами (например, так, как показано на рис. 3 сплошной линией); всего классов — порядка 10—12; 3) к «скоплениям» подсоединяются единичные точки; графически это можно сделать по-разному, но всегда прослеживается одна цель — избавиться от «непристроенных» точек (рис. 3, пунктир).

*Тип 2.* «Гештальтист» (3 решения на малой карточке, 9 — на большой). Так мы назвали И., который, разглядывая карточки с точками, стремится в расположении точек обнаружить некоторую структуру. Как и рационалист, гештальтист не ждет «подвоха» от Э. Аналогично рационалисту, он понимает акт классификации как «объединение», но такое, которое выявляет скрытую в материале структуру. Гештальтист не «складывает» точки в группы или классы, а строит из них фигуры (ср. рис. 4). Некоторые гештальтисты (большинство) называют эти фигуры «созвездиями», другие— «конструкциями». Общим для стратегий рационалиста и гештальтиста является нежелание иметь непристроенные точки и стремление к созданию относительно крупных созвездий. Если строится созвездие, то в него сразу же включаются три-четыре точки, а затем, если удастся, то больше. Если остается непристроенная точка, то ее присоединяют к уже выделен-

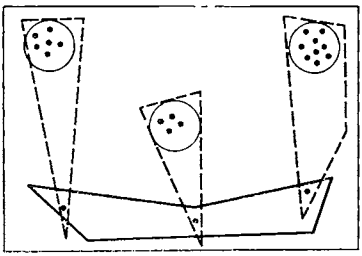


Рис. 2. Рационалисты, малая карточка

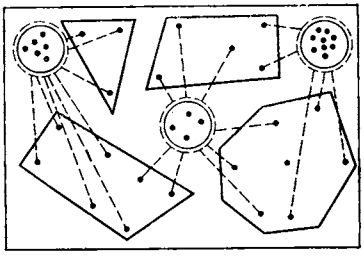


Рис. 3. Рационалисты, большая карточка

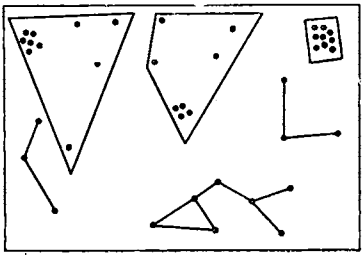


Рис. 4. Гештальтисты, большая карточка

ным созвездиям «задним числом». Графически решения гештальтиста могут выглядеть по-разному, поэтому наглядный пример типичного решения мы дать не можем: на карточках, кроме замкнутых линий разных очертаний, могут быть «созвездия» типа тех, которые изображаются на картах звездного неба, и пр. На вопрос Э. «Где здесь классы?» типичными ответами являются такие: «Я их выделил кружком»; «Здесь они внутри „баранки“»; «Эти пять точек — вместе, как будто „Орион“», и т. п. Итак, понятие класса у гештальтиста заменено понятием связи и структуры.

*Тип 3.* «Минималист» (5 решений на малой карточке, 6 — на большой). Так мы назвали ИИ., которые и на малой карточке, и на большой оставляют уже имеющиеся скопления, а в каждой из единичных точек видят самостоятельный класс. Это может выражаться в том, что минималист обводит замкнутой линией только скопления и здесь прекращает работу.

На предложение Э. объяснить свою стратегию минималист обычно отвечает с недоумением: «А что можно было сделать еще?» Минималист тем самым не утруждает себя особой рефлексией об Э., и то, что он фактически

не проделал никакой работы с материалом, его не занимает.

*Тип 4.* «Максималист» (5 решений на малой карточке, 5 — на большой). И.-максималист прежде всего считает, что в предложенном ему материале скрыт некий принцип, для обнаружения которого скорее всего нужны существенные усилия. Он внимательно изучает материал, полагая, что структура в нем заложена. В отличие от «подозрительного» И., «максималист» не ждет от Э. подвоха и не озабочен тем, что Э. о нем подумает. Принципы, предлагаемые максималистами, могут быть достаточно изощренными, но в них есть здравый смысл. Например, один из максималистов сосчитал число точек в каждом из скоплений и выдвинул гипотезу о том, что в классах должно быть определенное число точек. Поскольку скопления содержат 9, 6 и 4 точки, этот И. искал способ избавиться от лишней, четвертой точки, чтобы скопления состояли из числа точек, кратного трем. Другие максималисты измеряют расстояния между точками, ищут в расположении точек симметрию, после чего объединяют точки в соответствии с тем типом симметрии, которую им удалось усмотреть. Часто И., выбрав определенный принцип классификации, в процессе работы выясняет, что до конца этот принцип провести не удается. Но максималиста это не беспокоит: он как бы удовлетворен тем, что в основном найденный им принцип верен. Интересно, что в отличие от других типов ИИ., которые не всегда работают одинаково на малой и большой карточках, максималисты последовательны: даже если бы их протоколы не были подписаны, «почерк» легко узнается, и по одной карточке данного И. можно найти принадлежащую ему другую.

*Тип 5.* «Оригинал». Рефлексия «оригинала» в опыте с классификацией точек по содержанию сходна с тем, что мы наблюдали в эксперименте с классификацией монет. Однако именно «бескачественность» точек раскрывает перед оригиналом простор для самовыражения — безобидный эксперимент в ряде случаев превращается в самый настоящий прожективный тест, результаты которого в принципе можно было бы интерпретировать по аналогии с тестами типа пятен Роршаха. Малая карточка не дает «оригиналу» особого простора для фантазии — мы получили только 2 решения, которые, несомненно, следует отнести именно к этому типу поведения. Работая с большой карточкой, «оригинал», как правило, совершен-

но оставляет в стороне инструкцию и дает полную волю воображению. В отличие от «гештальтиста», занятого поисками структуры в материале, и от «максималиста», стремящегося сообщить Э. все найденные способы классификации, «оригинал» решает не задачу, предложенную Э., а какую-то собственную проблему. В протоколах появляются фигурки животных, цветы, солнце. На вопрос Э.: «Где здесь классы?» — следует ответ: «Мне так захотелось»; «Это красиво». Решения этого типа впечатляют «не числом, а умением» — на большой карточке мы получили всего 5 подобных решений, но зато с какой яркостью авторы спроецировали на лист с «бескачественными» точками свой внутренний мир!

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Два описанных выше эксперимента на первый взгляд очень похожи: в обоих случаях перед ИИ. стоит одна и та же задача — дать свободную классификацию весьма простых объектов. Мы убедились, однако, что понятия «класс», «классификация» получают в двух экспериментах довольно разное наполнение — в эксперименте I классификация — это преимущественно разделение, в то время как в эксперименте II — это или объединение или выявление структур. Оба способа интерпретации задачи классификации согласуются с теми общими закономерностями, которые указаны выше под п. 1—4. Это позволяет нам говорить о том, что существуют такие особенности поведения человека в условиях решения классификационных задач, которые в первую очередь обусловлены структурой человеческой психики. Но, как мы могли убедиться, с перечисленными закономерностями сложным образом взаимодействует еще целая группа факторов, обусловленных рефлексией ИИ. об Э., а выходя за пределы лабораторной ситуации — диктуемых общим контекстом принятия решения.

Обследованных нами ИИ. мы можем разделить на две группы: А) ИИ. с «умеренной» рефлексией и Б) ИИ. с ярко выраженной рефлексией.

К ИИ. с «умеренной» рефлексией мы относим рационалистов, гештальтистов и минималистов. Сам характер «нечетко поставленной задачи» требует от них готовности к имитации мышления Э., но они пытаются усмотреть решение задачи в материале, отыскивая закономер-

пости, которые, с их точки зрения, в нем заложены. Эти ИИ. не озабочены тем, как они выглядят в глазах Э.; в процессе работы над решением задачи они не пытаются поставить себя на его место.

К ИИ. с ярко выраженной рефлексией мы относим «максималистов» и «оригиналов». Правда, между ними есть важное различие. «Максималист», желая проявить себя в глазах Э. с наилучшей стороны, пытается найти и перебрать все решения, которые, по его мнению, мог задумать Э. При этом «максималист», как правило, не дает вычурных, странных решений, за исключением тех случаев, когда он исчерпался, но все-таки надеется придумать еще какой-нибудь вариант классификации. Так, в эксперименте I один из ИИ., предложив четыре варианта классификации монет, предлагает пятый: «Можно сложить пятаки группами — по два, по три и т. д., чтобы удобно было обращаться с деньгами», «Максималист» тем самым, перебирая разные варианты решений, выдает их все и при этом не выходит за пределы сформулированной Э. задачи.

В противоположность рефлексии «максималиста» рефлексия «оригинала» имеет другое содержание. «Оригинал», или, как мы назвали сходный тип в эксперименте I, «подозрительный» И. пытается имитировать не столько ход мысли Э., сколько его личностные установки. Как следствие, этот тип ИИ. приходит к оценке экспериментального задания как теста, направленного на проверку его собственных интеллектуальных или личностных качеств.

В ответ у него и формируется собственная установка — «не попасть в ловушку», «быть не таким, как все». «Оригинал» ищет такой способ организации материала, который мог бы произвести на Э. должное впечатление. В одних случаях, как, например, в эксперименте I, это приводит к выбору необычного основания классификации, после того как очевидные отвергаются «в уме», в других, как это было в эксперименте II,— к подмене предложенной задачи своей собственной.

Подведем некоторые итоги. Мы полагаем, что нерефлектирующих ИИ., вообще говоря, не бывает. Сколько бы Э. ни заверял ИИ. в том, что любое предложенное ими решение в равной мере интересно, ИИ., решающие «нечетко поставленную задачу», верят в существование лучших и худших решений.

Поэтому нам представляется интересным дальнейшее изучение характера взаимодействия установок ИИ. и Э. при решении «нечетко поставленных задач». Эти процессы, как нам кажется, могут рассматриваться как относительно простые модели, изучение которых необходимо для того, чтобы в дальнейшем мы могли выйти за пределы лабораторных ситуаций с бо́льшими знаниями об особенностях человеческой психики.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Бонгард М. М.* Проблема узнавания. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1967. 320 с.
2. *Василевич А. П.* Опыт получения субъективных оценок частот букв русского алфавита.— В кн.: Психологические и психолингвистические проблемы владения и овладения языком. М.: Изд-во МГУ, 1969, с. 133—142.
3. *Звонкин А. К., Фрумкина Р. М.* Свободная классификация: Модели поведения.— Науч.-техи. информ., 1980, № 6, с. 1—6.
4. *Ларичев О. И.* Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979. 200 с.
5. *Фрумкина Р. М.* Вероятность элементов текста и речевое поведение. М.: Наука, 1971. 168 с.
6. *Anglin J. M.* The growth of word meaning. Cambridge (Mass.): MIT press, 1970. 180 p.
7. *Bourne L., Ekstrand B., Dominowski R.* The psychology of thinking. Englewood Cliffs (N. J.): Prentice-Hall, 1971. 365 p.
8. *Bruner J., Goodnow J., Austin G.* A study of thinking. N. Y.: Wiley, 1956. 330 p.
9. *Miller G. E.* Empirical methods in the study of semantics.— In: semantics / Ed. D. Steinberg, L. Jakobovits. Cambridge (Mass.): Univ. press, 1971, p. 569—585.
10. *Rosenthal R.* Experimenter effects in behavioural research. N. Y.: Wiley, 1976. 420 p.

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭРГОНОМИКИ

В. Г. ГОРОХОВ, В. П. ЗИНЧЕНКО, В. М. МУНИПОВ

Эргономика — научная дисциплина, комплексно изучающая человека в конкретных условиях его деятельности, в которую включены технические средства или системы. Эргономика не только особая научная дисциплина, но и область проектной деятельности. Именно это определяет ее статус как *научно-технической* дисциплины [1].

## ЭРГОНОМИКА КАК КОМПЛЕКСНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИСЦИПЛИНА

В методологических исследованиях науки за последние десять лет проанализированы достаточно подробно классические образцы научной деятельности. Современным же научно-техническим дисциплинам [2] — системотехнике, эргономике, теории программирования, инженерной экологии и т. п.— уделяется еще недостаточно внимания. Сложившийся «образ науки» в основном ориентирован на традиционный идеал построения естественнонаучного, прежде всего физического, знания. Естественно, что укоренившиеся в методологии науки, и тем более в обыденном сознании представления о том, какой *должна быть* наука, вряд ли соответствуют реальному положению дел на переднем крае научного исследования [3].

[1] Мы не ставим здесь перед собой цели собрать и проанализировать все возможные определения эргономики или предложить какое-то новое, более приемлемое и претендующее стать общепризнанным определение. Такая работа уже неоднократно проделана во многих публикациях, а ее непродуктивность зафиксирована в [11]. Давая все же *еще одно* определение, мы лишь хотим условно очертить предметную область эргономики.

[2] О понятии «научно-техническая дисциплина» см. [5, 6].

[3] Это показано во многих современных работах методологов науки даже на материале физических исследований. Это же относится и к истории науки, которая не соответствует ставшим уже традиционными «историко-научным штампам». Например, П. Фейерабенд в книге [25] показывает неадекватность существующей трактовки творчества Галилея, действовавшего «противоиндуктивно», а не в соответствии с данными опыта, как это принято думать. Свидетельства, скажем, телескопа, не считались тогда очевидными, а имевшиеся наблюдения и многовековая практика склоняли не в пользу системы Коперника. Фейерабенд

Темпы развития науки сегодня таковы, что возникает задача осознанной организации исследования в различных областях науки. Организационные проекты, в свою очередь, могут быть получены лишь на основе методологического анализа, во-первых, процессов становления самого широкого спектра научных дисциплин и, во-вторых, современного этапа развития научной и проектной деятельности.

*Комплексные научные дисциплины* формируются не по типу «исследовательское направление — область исследования — научная дисциплина», что характерно для классических наук, которые отпочковываются от соответствующих базовых научных дисциплин, а по типу «научное движение — комплексная научная дисциплина»[4]. Действительно, развитие эргономических исследований имеет предысторию, которую можно восстановить, выделяя составные части современной эргономики. С одной стороны,— это «тектология» А. А. Богданова, концепция «трудовых установок» А. К. Гастева, «праксеология» Т. Котарбиньского. Идеи В. М. Бехтерева и В. Н. Мясищева об «эргологии» (эргонологии) являются теоретической предпосылкой ряда фундаментальных для эргономики положений. С другой стороны, в состав эргономического знания входит много конкретных положений и

---

приводит в подтверждение своих выводов новые историко-научные факты. В то же время он убедительно демонстрирует, что наука и искусство не столь сильно различаются, как считалось обычно ранее.

Методологический стандарт построения научной теории не всегда адекватен и современной неклассической физике, и тем более многим иным естественнонаучным (например, биологическим) дисциплинам, а особенно гуманитарным областям научного познания. Это, однако, не означает, что они вообще не относятся к сфере науки. Напротив, гуманитарные методы проникают во многие естественнонаучные и научно-технические дисциплины.

Ставший сегодня для обыденного сознания особенно притягательным образ «строгой науки» приводит часто к «парадоксу Мидаса» [15]: все превращается в научное знание — политические программы и этические концепции, технические проекты и т. д. (см., например, книгу Р. Гартмана [43], который на основе реконструкции процесса становления физики Галилея, выделившейся из философии природы Аристотеля, строит аксиологическую теорию по аксиоматическому образцу и считает, что этот путь должны пройти и все остальные части философии).

[4] Это различение введено в статье В. М. Мунипова, Н. Г. Алексеева, И. Н. Семенова «Становление эргономики как научной дисциплины» [12].

рекомендаций, разработанных в прикладных и теоретико-экспериментальных исследованиях трудовой деятельности (тейлоризм, психотехника, психология труда и инженерная психология, научная организация труда и т. п.). Однако из самого факта объединения этих направлений и концепций нельзя вывести еще возникновение эргономики. Для пояснения схемы «научное движение — комплексная научная дисциплина» обратимся к ряду примеров.

В последние годы как в науке в целом, так и в отдельных ее областях можно отметить возникновение идей, как бы пронизывающих все содержание исследований, идей, вокруг которых идут споры и дискуссии. Эти идеи — их можно назвать глобальными — принимаются или отвергаются, но практически никого не оставляют безучастными: в той или иной форме каждый исследователь фиксирует свое к ним отношение. В их обсуждение втягиваются широкие научные круги.

Наиболее яркий и очевидный пример — развитие кибернетики. Влияние идей Н. Винера, У. Р. Эшби, А. И. Берга, И. А. Полетаева и других вызвало огромное количество проводимых под общим флагом кибернетики исследований, причем в широчайшем диапазоне — от математики и техники до медицины и педагогики. Нам хотелось бы особо подчеркнуть один момент в понимании этого общеизвестного факта, а именно невозможность объяснения его привычной схемой «исследовательское направление — область исследования — научная дисциплина». Конечно, возникновение кибернетики в отдельных моментах может быть представлено через описание развития уже существовавших исследовательских направлений, т. е. через традицию, но в таком описании не может быть объяснено самое существенное — тот «кибернетический бум», который имел место в 50—60-х годах XX в.

В качестве других примеров научного движения можно привести движение НОТ в организации производства, программированное обучение в педагогике и педагогической психологии, объединение различных исследований науки и научного творчества в науковедении и т. д. К этому же ряду примеров следует отнести и эргономику.

Научное движение захватывает, как правило, не одну научную дисциплину, а некоторое семейство, группу научных дисциплин. Втянутые в его орбиту, они получают новые импульсы к собственному развитию, перестраивают в определенной мере свой концептуальный и математиче-

ский аппарат, получают нетривиальные выходы в практику и т. д. В итоге, конечно, не обязательно появляется дисциплина. Первоначально интенсивно развивающееся движение может сойти на нет, лишь оставив след в отдельных, участвовавших в нем науках. Например, в 60-х годах XX в. под влиянием идей управления и программирования, а также в связи с усвоением ряда зарубежных концепций в советской педагогике возникло научное движение, выдвигавшее идею «программированного обучения». Созывались многочисленные симпозиумы и конференции, и, если внимательно просмотреть научно-педагогическую литературу того времени, идеи программированного обучения были ее фактическим центром. Даже устойчивые традиционные исследования в психологии стремились переоценить себя в этом общем русле. Возникали особые научные центры, где наиболее интенсивно занимались разработкой данной концепции. К настоящему времени научное движение в рамках программированного обучения практически исчерпало себя. Волна схлынула, но, обогатив, бесспорно, ряд областей педагогики и психологии, она тем не менее так и не породила новой комплексной научной дисциплины. Другой вариант демонстрируется кибернетическим движением, в итоге породившим новую дисциплину — техническую кибернетику, и системным движением, вызвавшим к жизни целый ряд комплексных научно-технических дисциплин: системный анализ, системотехнику, эргономику и др.

Эргономика — *комплексная* научно-техническая дисциплина, имеющая системную ориентацию. И в этом качестве она принципиально отличается от инженерной психологии, но не по предмету, как отмечают А. А. Пископель и Л. П. Щедровицкий [11], а по способу организации знаний. Последняя строится по образцу классической технической науки как *приложение* научных знаний (прежде всего психологических — психология является для нее базовой научной дисциплиной) к определенной области инженерной практики — в данном случае оптимизации информационного взаимодействия человека и техники в создаваемых системах. В этом смысле исследования, проводимые в ней, являются одноплановыми, хотя и многоаспектными[5]. Другое дело, что получается

[5] О различении комплексного, одноаспектного и однопланового исследований см. подробнее [6]. Одноаспектные исследования характерны для естественных наук. В традиционных же техни-

при этом «псевдоморфоз»[6] — даже построенная по классическому образцу наука, т. е. с преимущественной ориентацией на определенную базовую дисциплину, испытывает сильное влияние неклассических методов образования и организации теоретических исследований [5]. Эргономика же по самому своему замыслу — комплексное исследование, не имеющее никакой базовой дисциплины и *системно* ориентированное. Больше того, возникающие в ней отдельные перекосы в акцентировании, скажем, психологических или гигиенических параметров деятельности осознаются исследователями и проектировщиками именно как отступление от принятого неклассического образца. Поэтому, соглашаясь с А. А. Пископелем и Л. П. Щедровицким [11] в оценке существующих определений эргономики и инженерной психологии как неконструктивных и с общим их выводом, что это — разные программы исследования, мы все же считаем, что обе эти программы имеют равное право на существование.

Эргономика сегодня уже сложилась как особая научно-техническая дисциплина, имеющая четкую профессиональную организацию и ограниченное исследовательское сообщество, о чем свидетельствуют следующие ее науковедческие характеристики.

Выделение эргономических исследований, проводимых в различных научных учреждениях и проектных организациях, в самостоятельную область знания осуществляется в нашей стране с начала 60-х годов, когда организуются собственно эргономические подразделения. Первое из них было создано во Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики (ВНИИТЭ). Затем постепенно возникает целая сеть отделов и лабораторий эргономического профиля. Сегодня разработка проблематики и решение практических задач эргономики осуще-

---

ческих науках проводятся многоаспектные, но одноплановые исследования — инженерный объект рассматривается в разных аспектах (могут привлекаться средства и представления смежных дисциплин), но подчиненных одному определяющему плану исследования, заданному базовой дисциплиной, в данном случае психологией.

[6] «Псевдоморфоз» — это образование какой-либо аморфной горной породы в кристаллической форме (например, при попадании расплавленной магмы в данную, ставшую уже пустой форму). Этот термин используется Шпенглером для характеристики одного из способов слияния двух разнородных (скажем, восточной и западной) культур.

ствляются во многих исследовательских организациях нашей страны, значительно увеличилось и число специалистов по эргономике, работающих непосредственно на промышленных предприятиях. Координацию работ осуществляет ВНИИТЭ, имеющий десять филиалов, в каждом из которых есть отдел или лаборатория эргономики.

За последние годы достигнуты определенные успехи в развитии эргономики и использовании ее достижений в народном хозяйстве страны. Рекомендации эргономистов все шире применяются при проектировании новой техники и организации труда. Разработано и введено в действие свыше 30 государственных и большое число отраслевых стандартов в области эргономики. В целом ряде министерств и ведомств уже созданы или организуются специальные эргономические службы, выполняющие все возрастающий объем работ, связанных с задачами повышения эффективности труда и улучшения качества промышленной продукции.

За последние годы изданы руководства по эргономике для инженерно-технических работников: «Введение в эргономику» (М.: Сов. радио, 1974), «Эргономические основы организации труда» (М.: Экономика, 1974), «Эргономическое проектирование судовых систем управления» (Л.: Судостроение, 1977), «Производственная эргономика» (М.: Медицина, 1979) и другие, ряд переводных изданий, а также учебные пособия — «Основы эргономики» (М.: МГУ, 1979) [8] (в этой книге опубликована библиография ответственных работ по эргономике) и «Эргономика. Лабораторные работы» (Киев: Віща школа, 1976) и т. д. Специализированное издание периодической научной литературы осуществляется в системе ВНИИТЭ — научные труды и методические материалы серии «Эргономика» (с 1970 г.), ежемесячный информационный бюллетень «Техническая эстетика» (с 1964 года); информация эргономического профиля публикуется также в журналах «Вопросы психологии», «Автомобильный транспорт», «Гигиена труда и профессиональные заболевания», «Механизация и автоматизация производства», «Приборы и системы управления», «Космическая биология и авиакосмическая медицина» и др.

Во многих социалистических странах также проводятся эргономические исследования и проектирование, организованы соответствующие институты и лаборатории, комиссии и координационные советы, в ряде высших

учебных заведений читаются специальные курсы по эргономике, выпускаются книги и специализированные журналы. По линии СЭВ проводятся совместные исследования и конференции в данной области. Первая из них состоялась в Москве (1972), вторая — в Болгарии (1975), третья — в Венгрии (1978), четвертая — в ГДР (1981). В Польше был проведен VII конгресс Международной эргономической ассоциации (1979).

Термин «эргономика»[7] был принят в 1949 г., когда группа английских ученых положила начало организации эргономического исследовательского сообщества.

В 1961 г. создана Международная эргономическая ассоциация, согласно решению, принятому в 1959 г. на ежегодной конференции английского эргономического сообщества. Один раз в три года проводятся международные конгрессы. В Англии издается журнал «Ergonomics» (с 1957 года), ставший официальным органом международной эргономической ассоциации, а также международные журналы «Applied Ergonomics» и «Ergonomics Abstracts» (с 1969 г.).

Эргономические исследования проводятся также в Японии, Франции, ФРГ, Нидерландах, Финляндии.

В США в предвоенный период возникли первые неформальные группы специалистов, обсуждавшие проблемы человеческих факторов[8]. В 1938 г. лаборатория по изучению человеческих факторов была создана в корпорации «Белловские телефонные лаборатории». В годы второй мировой войны в США для работы в авиационной промышленности и в военных исследовательских организациях были приглашены психологи, антропологи, физиологи, биологи и врачи, которые в тесном содружестве с инженерами решали проблемы обеспечения оптимального взаимодействия людей и сложных технических систем. В 1945 г. П. Фиттс организовал лабораторию инженер-

---

[7] Этот термин еще в 1857 г. был предложен польским естествоиспытателем В. Ястшембовским.

[8] Термин «человеческие факторы» возник в результате сокращения выражения «техника человеческих факторов» и получил распространение главным образом в США. Он соответствует употребляемому в Европе термину «эргономика». «Человеческие факторы» и эргономика на первых этапах своего развития имели некоторые различия, хотя и тогда представляли одно направление исследований. Со временем различия между ними все больше нивелируются, а сами исследования в них взаимообогащаются.

ной психологии в военно-воздушных силах, а Ф. Тейлор создал лабораторию человеческой инженерии в военно-морских силах США. В конце 40-х годов в Государственном университете в Огайо и Иллинойсском университете учреждаются специальные программы для получения ученой степени в области человеческих факторов. Другие университеты вводят специальные курсы по этой тематике.

Первый симпозиум по проблемам человеческих факторов на национальном уровне был проведен в США в 1953 г. В 1957 г. создается Общество инженерных психологов как отдельное подразделение Американской психологической ассоциации. В том же году возникает Общество человеческих факторов, в создании которого принимают участие члены Эргономического общества Великобритании. Начиная с 1958 г. издается журнал «Человеческие факторы». Кроме того, ежемесячно выходит «Бюллетень Общества человеческих факторов».

В настоящее время имеются сведения о 156 учебных программах по эргономике в высших учебных заведениях 28 стран [67]. Наибольшее число учебных программ приходится на США — 33, затем следуют Франция — 11, ФРГ и Япония — по 10, Канада и Австралия — по 7, Нидерланды — 6, ПНР — 4, Югославия — 3. Остальные страны имеют по две или одной учебной программе. Из общего числа учебных программ 42% приходится на США и 40% — на страны Европы. Учебные программы по эргономике различаются по своей тематической направленности. Наибольшее число программ, естественно, имеет собственно эргономическую направленность. Затем следуют: системное проектирование, психология труда и проектирование работы, вопросы безопасности, проблемы человеческой деятельности. Предпринимаются попытки преодоления определенного плюрализма в содержании и методах подготовки специалистов в области эргономики. Ведущими специалистами промышленно развитых стран разработаны шесть типовых учебных программ в области эргономики для университетов и колледжей [67]: программа полного курса по эргономике, программа специализации для инженеров, обзорные курсы для физиологов, психологов, инженерно-технических специалистов и пропедевтический курс для различных специальностей.

Таким образом, из приведенных данных видно, что эргономика представляет собой развитую научно-техническую дисциплину, исследования в рамках которой про-

водятся как в сфере практики, так и в теоретическом плане. Издаются специальные журналы по эргономике, монографии и учебники, читаются специальные курсы в высших учебных заведениях, ведется подготовка научных кадров высшей квалификации. Интенсивно проводятся конференции как в национальном, так и в международном масштабе, созданы институты, лаборатории и общества, осуществляющие и координирующие исследования в данной области. Развитие эргономики как вида проектной деятельности относится главным образом к послевоенному периоду, становление же ее как новой области научного знания — к последним трем десятилетиям (см. [10], а также [20—35, 37—42, 44—98]).

Если жестко ставится вопрос выбора — «инженерная психология или эргономика» [11], то тем самым признается возможным лишь единственный способ организации научного знания и деятельности, исключающий в принципе альтернативные подходы к науке. Такая постановка вопроса неправомерна сегодня еще и потому, что в профессиональном самосознании эргономика и инженерная психология зафиксированы уже как две разные профессиональные организации и частично совпадающие исследовательские сообщества.

Инженерная психология по времени своего возникновения в нашей стране непосредственно предшествовала появлению эргономики. Втянутая в русло системного движения, она стремилась к комплексности учета человеческих факторов и довольно быстро переросла рамки собственно психологического анализа трудовой деятельности. Откликаясь на запросы практики, инженерная психология «обрастала» все более широким кругом задач и проблем. В коллективы, призванные решать инженерно-психологические задачи, стали привлекать антропологов, биомехаников, физиологов, гигиенистов, дизайнеров и других специалистов, что обусловило развитие соответствующих форм и методов комплексных исследований. Расширение тематики исследований привело к тому, что инженерно-психологическая служба в промышленности стала превращаться в эргономическую, хотя название некоторое время оставалось прежним. Своеобразной реакцией на этот процесс в отечественной инженерной психологии явились призывы к ее «психологизации». Появление эргономики, использование в ней инженерно-психологических знаний и несомненное влияние ее на инженерную психо-

логию отнюдь не означает, что последняя должна быть упразднена. Она продолжает развиваться и независимо от эргономики, имея самостоятельную профессиональную организацию[9]. Мы не будем продолжать здесь последовательное сравнение классического и неклассического образцов построения научного знания на примере инженерной психологии и эргономики. Наша цель в другом — в выявлении различных способов формирования современных научно-технических дисциплин и соответствующей организации исследований (т. е. в рамках неклассического образца).

## ЭРГОНОМИКА И СИСТЕМОТЕХНИКА КАК СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Эргономика и системотехника представляют собой весьма близкие по способу организации дисциплины. Эргономика, как и системотехника, является одновременно и научной, и проектной дисциплиной. Эргономическое проектирование — составная часть проектирования человеко-машинных систем, в результате которого они приобретают необходимые эргономические свойства, обеспечивающие повышение эффективности деятельности человека и функционирования системы в целом, а также создающие предпосылки для сохранения здоровья человека и формирования его способностей в соответствии с требованиями, которые предъявляет к нему технический прогресс, и возможностями, которые перед ним открываются с развитием техники. Отличительной чертой проводимых в эргономике и системотехнике исследований является междисциплинарность. В них вырабатываются постепенно и собственные инвариантные процедуры и методы, устойчивые концептуальные схемы, позволяющие не только систематизировать уже имеющиеся, но и получать новые знания.

Эргономика, имея в качестве основного объекта исследования системы «человек — машина» (СЧМ), изучает определенные их свойства. Эти свойства получили назва-

[9] В США, например, в 1957 г. было образовано общество инженерных психологов как отдельное подразделение американской психологической ассоциации и в том же году было создано новое самостоятельное общество человеческих факторов (т. е. фактически эргономическое общество).

ние человеческих факторов. Они представляют собой интегральные характеристики связи человека и машины (технические средства), проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия при функционировании системы, связанном с достижением конкретных целей. Человеческие факторы не могут быть сведены к взятым самим по себе характеристикам человека, машины (технического средства), среды. Характеристики и свойства, фиксируемые в понятии человеческих факторов, представляют собой не отдельные изолированные признаки компонентов СЧМ, а являются ее совокупными, системными качествами.

По отношению к свойствам—качествам компонентов СЧМ — человеческие факторы представляют собой качества второго порядка, возникшие как результат интеграции, воплощения в единое целое природных качеств, характеризующих среду, предметных качеств, характеризующих машину (техническое средство), функциональных, в том числе и социальных, качеств, характеризующих человека. Эргономику интересуют не все возможные «первичные» качества человека, машины, среды, а лишь те, которые определяются положением и ролью человека в СЧМ,— именно потому они называются человеческими факторами. Это не значит, что число таких качеств невелико. По-видимому, наиболее совершенными и эффективными будут такие модели, в которых количество свойств, качеств человека, поставленных в функциональную связь с его положением в системе, с ее природными и предметными качествами, является максимальным. Именно поэтому для оптимизации деятельности человека и обеспечения эффективности СЧМ недостаточно компетенции отдельных наук, изучающих различные аспекты трудовой деятельности.

Эргономика призвана обеспечить определение необходимой и достаточной номенклатуры функциональных связей между компонентами СЧМ, поскольку только в этом случае последняя и может приобрести статус системы, обладающей заданной эффективностью и отвечающей определенным критериям. Номенклатура функциональных связей должна быть конструктивной, не бесконечной и отвечать целому ряду критериев оценки СЧМ, как технических (стабильность, надежность, помехоустойчивость), так и социально-экономических. Эргономика не просто оперирует различными наборами исходных свойств,

качеств, показателей (гигиенических, физиологических, психологических, социально-психологических, технических, экономических и пр.), а трансформирует их в системные качества путем установления между ними необходимого числа функциональных связей.

Человеческие факторы, понимаемые как важнейшие интегральные характеристики СЧМ, представляют собой, таким образом, некоторую суперпозицию исходных показателей, а соответственно и фиксированные (или динамичные) функциональные связи между элементами и компонентами СЧМ. Поскольку система «человек — машина» представляет собой определенную функциональную структуру, то с эргономической точки зрения человеческие факторы выступают как основные, системообразующие элементы или таксономические единицы анализа этой структуры. Естественно, что функциональная структура СЧМ характеризуется не только человеческими, но и другими факторами: организационными, информационными, территориальными и пр. Поэтому выделение человеческих факторов в качестве единиц анализа, т. е. элементов данной структуры, разумеется, не исключает необходимости выделения в ней таксономических единиц другого рода.

Человеческие факторы неоднородны. Их выделение и классификация — достаточно сложная и специальная задача. Важно отметить, что и сами они выступают как структурные образования различной степени сложности. Понимаемые именно таким образом, они представляют собой некоторое временное сочетание сил, способное осуществить определенное достижение.

Такое понимание эргономики и человеческих факторов расходится с распространенным взглядом на эргономику как на комплекс наук о трудовой деятельности. Статус эргономики определяется тем, что она оперирует данными, полученными в других науках, трансформирует их, разрабатывая свои исходные представления и средства и преследуя собственные цели и задачи, связанные с организацией и проектированием условий и способов деятельности человека в системе. Деятельность человека служит основанием при выделении необходимых для учета человеческих факторов, при определении функциональных связей между компонентами СЧМ. Наличие подобных функциональных связей представляет собой необходимую основу организации успешного осуществления деятель-

ности человека в системе. Это означает, что человеческие факторы не даны изначально. Они представляют собой искомое — то, что может быть найдено лишь на основе предварительного анализа задач СЧМ, функций человека в системе, типа и характера его трудовой деятельности.

Таким образом, деятельность человека представляет собой начало и завершение эргономического исследования, эргономической оценки, эргономического проектирования. Понятие деятельности соответственно служит и теоретической основой приведенной выше трактовки человеческих факторов. Поэтому в эргономике формируются новые концептуальные схемы и новые методы анализа деятельности, что, в свою очередь, стимулирует разработку общей теории трудовой деятельности.

В теоретических исследованиях по эргономике подчеркивается несводимость эргономических положений к используемым в ней понятиям и методам других научных дисциплин, направленных на изучение процессов труда, социологии, психологии, физиологии, гигиены труда и т. д., а также человеко-машинных систем — кибернетики, системотехники, системного анализа и т. д. Возникает вопрос: в чем же эта несводимость обнаруживает себя, где та «добавка», которая делает «конгломерат» сведений из различных дисциплин знанием особого типа — собственно эргономическим знанием? По нашему мнению, эта «добавка» заключена в способе организации: знания, привлекаемые из других дисциплин, связанные с определенным классом научно-технических задач, образуют новое органическое целое.

Эргономическое знание, так же как и системотехническое, представляет собой двухслойную структуру, в которой одновременно фиксируются и отображаются два типа реальности. Оно выступает и как знание об объекте, имеющем деятельностный характер, и как знание о том, как исследовать и проектировать этот объект, причем оба типа знания органически связаны между собой [2]. Эта двухслойность эргономического знания характерна вообще для комплексных научно-технических дисциплин, ориентированных на анализ и проектирование сложных деятельностных объектов (она отличает их от классических технических наук, равно как и от инженерной психологии). Например, в системном анализе при решении, скажем, управленческих проблем, центральную роль играет понятие сценария, под которым имеется в виду модельное

представление особого рода. Сценарий применяется для получения эмпирических данных в задачах, не допускающих аналитического решения в общем виде. Он не только отображает связную область реальных объектов, относительно которых должно быть принято управленческое решение. Сценарий есть «искусственная действительность» или же «схема метода». В нем изображены в виде диаграмм, блок-схем и т. д. альтернативные стратегии управленческого решения [1].

Итак, системотехника и эргономика развиваются примерно в одно и то же время и представляют собой во многом сходные научно-технические дисциплины. Однако комплексные по своей сути исследования в них организованы по-разному и реализуют различные идеалы построения научного знания (хотя и по неклассическому образцу).

(1) В *системотехнике* разрабатываются особые способы абстрактного изображения «синкретических» представлений, взятых из различных областей исследования и проектирования, что стимулируется в первую очередь необходимостью применения в ней определенного математического аппарата и программных средств имитационного моделирования на ЭВМ. С этой целью строятся особые идеальные объекты второго уровня (по отношению к идеальным объектам теорий, используемых при решении данного класса комплексных научно-технических задач), в которых фиксируется однородное изображение синкретического представления, относящегося к первому уровню. Они включают в себя структурные и алгоритмические схемы [10].

(2) В *эргономике* дело обстоит принципиально иначе. Во-первых, в качестве методологической нормы здесь рассматривается неизбежный «синкретизм» развиваемых в ней теоретических представлений, связанный с необходимостью использования самых различных наук при решении комплексных по самой своей сути задач. Во-вторых, если системотехника ориентирована в конечном счете на максимально возможную и разумную автоматизацию человеческой деятельности как в плане объекта системотехники (автоматизация функционирования сложных систем), так и самой системотехнической деятельности (автоматизация проектирования и конструирования),

[10] О системотехнике подробнее см. [6].

то в эргономике в принципе неприемлем такой подход. В ней анализируются специфически человеческие черты деятельности сложной человеко-машинной системы, а технические средства рассматриваются как включенные в нее. И если в системотехнике с определенной поправкой можно все же считать алгоритмическое описание деятельности удовлетворительным, то с точки зрения эргономики оно «не работает» (является слишком грубым, приблизительным) [11]. Поэтому ее описание фиксируется в виде особых *концептуальных схем* деятельности. Они формируются на основе, с одной стороны, систематизации и методической обработки единичного опыта работы («прецеденты») [12], а с другой — конкретизации представлений деятельности, развитых в системном подходе (об этом см. [18]). Причем дальше построения особых общих концептуальных схем, специально приспособленных для фиксации соответствующих методических приемов и предписаний (как правило, системно ориентированных) дело в принципе не идет.

Однако и эта задача сама по себе отнюдь не проста, поскольку в эргономике пока еще недостаточно развиты особые общие концептуальные схемы деятельности. В ней широко используются концептуальные схемы деятельности, имеющиеся в смежных науках, особенно в психологии и социологии. Однако они не просто ассимилируются, но и трансформируются в соответствии со спецификой эргономических задач. Подобная трансформация существенно облегчается, если концептуальные схемы, развитые, например, в психологии, осмыслены с точки зрения си-

[11] В теоретическом аспекте проблема «человек — машина» выступает как проблема принципиального соотношения между процессами, которые осуществляются машиной, и деятельностью человека в качестве субъекта труда. Именно поэтому при изучении проблемы «человек — машина» перед эргономикой во всей остроте возникает общепсихологическая задача точного различения формализуемых и неформализуемых компонентов человеческой деятельности — трудная задача поиска закономерностей постоянного изменения соотношений этих компонентов при создании и введении все новых и новых человеко-машинных систем (см. Давыдов В. В., Зинченко В. П., Муипов В. М. О путях развития методологии эргономики и инженерной психологии [12]).

[12] Об этом см. подробнее статьи с участием Н. Г. Алексеева в сб. [12, 13]. Здесь фактически речь идет о выделении особого рецептурного знания, характерного для инженерной деятельности вообще (см. [16]), но только уже вплетенного в контекст особого теоретического исследования.

стемно-структурных или функционально-структурных представлений. Опыт такого рода описания психической деятельности, предпринятый в [3, 7], оказался полезен для разработки методов анализа и выявления функциональных структур различных видов трудовой деятельности — от элементарных до сравнительно сложных.

Концептуальные схемы анализа деятельности в психологии, соответствующим образом трансформированные, оказались адекватными для описания деятельности оператора-наблюдателя, оператора-технолога, оператора-манипулятора. На первом этапе анализа этих видов деятельности основное внимание уделялось операционально-техническим компонентам. Учет этих компонентов в ряде случаев позволил оптимизировать старые и предложить новые варианты (проекты) некоторых видов деятельности оператора-наблюдателя и оператора-манипулятора, в том числе и новые варианты технических средств деятельности.

Вместе с тем возникает задача не только распространения предложенных концептуальных схем на другие виды деятельности в человеко-машинных системах, но также совершенствования и развития самих этих схем за счет более полного включения в них эмоционально-оценочных, волевых и мотивационных компонентов. Новые концептуальные схемы должны стать основой описания (в том числе и профессиографирования) и проектирования таких сложных видов деятельности, как деятельность оператора-исследователя и оператора-руководителя.

В современных человеко-машинных системах деятельность оператора-исследователя и оператора-руководителя играет центральную, интегрирующую роль в связи с функциональными особенностями того места, которое занимают фигуры исследователя и руководителя в структуре системы. Относительно них в эргономике фактически не существует пока достаточно разработанных моделей таких важных аспектов деятельности руководителя, как построение образа ситуации, ви́дение проблемы, планирование, реализация решения, контроль исполнения. Конечно, данные аспекты имеются и в других видах операторской деятельности. Однако трансформирующее, а порой и деформирующее влияние эмоционально-оценочных, мотивационных, рефлексивных — в широком смысле личностных — компонентов на принятие решения сказывается значительно сильнее, чем, например, на восприя-

тии или исполнительном действии. Чем более сложна деятельность, тем более подвижны взаимоотношения между когнитивными, исполнительными, целеобразующими, эмоционально-оценочными и другими компонентами.

Таким образом, из приведенных выше примеров видно, что концептуальные схемы деятельности в эргономике сложнее системотехнических, имея направленность на возможно более полное отображение всех аспектов человеческой деятельности. Это особенно важно отметить, поскольку условия возникновения эргономики были таковы, что в центре ее исследований оказались представления о человеческих факторах и системах «человек — машина», заимствованные из технико-кибернетических построений. Они сыграли определенную конструктивную роль в ряде прикладных эргономических исследований и в процессе оформления эргономики в самостоятельную область научного знания. Однако их дальнейшее развитие натолкнулось на ограничения, неизбежно порождаемые в данном случае естественнонаучной и технической ориентациями. Что-то всеми ощущаемое как весьма важное и существенное оставалось за пределами исследования и проектирования. Этим «что-то» был сам человек как субъект и главный компонент человеко-машинной системы, понимаемый не как в принципе машинизируемое устройство особого типа, не как своего рода несовершенный кибернетический робот, а как неповторимая личность, имеющая свои специфические цели, устремления и т. д. С разработкой именно этой актуальной проблематики связаны, на наш взгляд, объективные тенденции дальнейшего развития эргономики и ее методологического обеспечения.

Такой подход определяется не только логикой развития эргономики, но и выражает объективную тенденцию социально-экономического развития труда. Эргономические исследования стимулируют разработку новых подходов к определению качества труда как интегральной характеристики данного вида труда, в которой фиксируются показатели качества и количества производимой продукции, взятые в отношении к трудовым затратам, психологической и физиологической «цене» деятельности, а также по отношению к показателям здоровья и развития личности. Взаимосвязь и взаимообусловленность перечисленных компонентов образуют систему качества определенного вида труда, которая нуждается в комплексном изучении методами различных наук.

Задача математизации концептуальных схем эргономики на сегодня не стоит так остро, как в системотехнике. Хотя некоторые методы, например имитационного моделирования на ЭВМ, здесь, несомненно, применимы и продуктивны. Но они выступают как подсобное средство при решении определенных эргономических задач. Это, однако, не означает, что системотехника реализует более зрелый этап развития, к которому эргономика пока лишь стремится. Напротив, по нашему мнению, они представляют два *различных*, но не взаимоисключающих, а рядоположных, взаимодополнительных способа организации научных знаний. Искусственная же подгонка эргономики под системотехнический или кибернетический эпистемологический «идеал» может привести к потере и огрублению ее специфического содержания.

* * *

Современные комплексные научно-технические дисциплины характеризуются проникновением в их сферу методов гуманитарного познания (см. [14]). Например, важной особенностью последнего является уникальность познаваемых объектов. В естественных науках и классической инженерной деятельности исследуется и проектируется типовой объект. Такой инженерный объект может тиражироваться во многих экземплярах, и поэтому для его исследования могут применяться типовые методы, расчеты, способы идеализированного представления. Современные сложные «человеко-машинные» системы типа автоматизированных систем управления экономикой, сложных энергетических комплексов, систем противовоздушной обороны и т. п. являются уникальными в том смысле, что они настолько сложны, что не существует типовых способов их создания. Они создаются «в одном экземпляре» и в процессе их разработки используются самые разнообразные методы, средства и представления, сочетание которых также уникально. Комплексная модель такого объекта по необходимости является синкретической — составленной из набора разнородных, но все же состыкованных вместе представлений различных научных дисциплин. Кроме того, особенностью гуманитарного мышления является его принципиальная диалогичность [4]. Для классических естественных наук характерен монотеоретический (монологический) способ мышления, когда строится одна-единственная теоретическая система, объ-

ясняющая тот или иной класс исследуемых явлений. (Сформулированный в современной неклассической физике принцип дополнительности является в известном смысле отходом от этой жесткой позиции.) Для гуманитарного же мышления обычным является одновременная разработка взаимодополнительных и даже конкурирующих концепций на одном и том же материале, полемика с другими точками зрения как равноправными. Подобным образом и в современных комплексных научно-технических дисциплинах подчеркивается необходимость сравнительного анализа альтернативных вариантов программ, проектов, моделей, планов. Для одной и той же уникальной сложной системы строится несколько возможных теоретических представлений.

Важный принцип гуманитарного мышления — принцип историзма. Для него характерны постоянное обращение к истории дисциплины, рассмотрение исторической эволюции не только объекта исследования, но и идей о нем. Поэтому, например, изучение современной философии принципиально неотделимо от и немыслимо без историко-философского исследования. В этом смысле прогресс науки часто достигается «критикой из прошлого» [36, p. 49].

Для многих современных научно-технических дисциплин также характерно появление новых проблем, требующих исторического подхода к их исследованию, не только «вслушивания» в историю многих смежных научных дисциплин, но и поиска «образов», образцов, концептуальных схем в культурном наследии человечества в целом: в философских, психологических, даже мифологических концепциях прошлого. (См., например, исследование в контексте дизайна систем генезиса типологических форм культурной программы, переосмысление классицизма и романтизма не столько как исторических явлений, сколько как фундаментальных типов и моделей художественного сознания, которые программируют подходы и творческие методы в дизайне систем [17].)

Такое отношение к истории является следствием рефлективности современных комплексных дисциплин, их направленности на профессиональное осознание собственной деятельности, их методологичности, постоянного обсуждения в них правомерности постановок различных проблем и способов их решения (что является, по нашему мнению, ее нормальным состоянием).

Для современных комплексных научно-технических дисциплин невозможно отделить собственно исследование объекта, являющегося не пассивным объектом классической естественной и технической науки, а активным «деятельностным объектом», от воздействия на него — деятельности исследования, проектирования, совершенствования и т. д. этого объекта, которые в то же время не сливаются, но взаимно переходят друг в друга, постоянно взаимодействуют.

В заключение отметим важную черту, общую для всех комплексных научно-технических дисциплин. Поскольку они имеют дело с деятельностным объектом исследования и проектирования, то возникает проблема совмещения системных и деятельностных представлений. В рамках системотехники это выражается в необходимости совмещения обобщенных структурной и алгоритмической схем одного и того же объекта в едином описании. Это обусловливает и специфику идеальных объектов второго уровня (идеальные объекты первого уровня относятся к комплексируемым в данной дисциплине отдельным исследованиям) — в них неразрывно переплетены объектные и деятельностные представления, объект как бы сплавлен с деятельностью его проектирования, совершенствования и использования. Такое совмещение системных и деятельностных представлений в современных научно-технических дисциплинах оказывает значительное влияние и на прогрессивное развитие общей системной проблематики, приводит к обогащению методологических средств системного подхода.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Акофф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах. М.: Сов. радио, 1974. 272 с.
2. *Алексеев Н. Г.* Двухслойный характер эргономического знания и системный подход.— В кн.: Деятельность и психические процессы. М.: Наука, 1977, с. 3.
3. *Гордон В. М., Зинченко В. П.* Структурно-функциональный анализ психической деятельности.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1978. М.: Наука, 1978, с. 136—151.
4. *Бахтин М. М.* Поэтика Достоевского. 3-е изд. М.: Худож. лит., 1973. 471 с.
5. *Горохов В. Г.* Проблемы построения современной технической теории.— Вопр. философии, 1980, № 12, с. 118—128.
6. *Горохов В. Г.* Формирование теоретической системотехники.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл., Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 228—260.

7. *Зинченко В. П., Гордон В. М.* Методологические проблемы психологического анализа деятельности.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1975. М.: Наука, 1976, с. 82—127.
8. *Зинченко В. П., Мунипов В. М.* Основы эргономики. М.: Изд-во МГУ, 1979. 343 с.
9. Труды ВИИТЭ. Сер. Эргономика / ВНИИ техн. эстетики. М., 1976. [Вып.] 10. Методологические проблемы исследования деятельности. 252 с.
10. *Мунипов В. М.* Современное состояние и тенденции развития эргономики: По зарубежным материалам. Обзор. М.: ВНИИТЭ, 1978. 72 с.
11. *Пископель А. А., Щедровицкий Л. П.* Инженерная психология или эргономика? — Вопр. психологии, 1980, № 3, с. 88—100.
12. Труды ВНИИТЭ. Сер. Эргономика / ВНИИ техн. эстетики. М., 1977. [Вып.] 17. Проблемы методологии в эргономике. 180 с.
13. Труды ВНИИТЭ. Сер. Эргономика / ВНИИ техн. эстетики. М., 1981 [Вып.] 20. Проблемы методологии эргономического исследования. 102 с.
14. *Розин В. М.* Городская культура, человек, окружающая среда (философско-методологические проблемы градостроительного проектирования).— Вопр. философии, 1980, № 1, с. 43—54.
15. *Розов М. А.* Проблемы эмпирического анализа научных знаний. Новосибирск: Наука, 1977. 250 с.
16. *Чешев В. В.* Техническое знание как объект методологического анализа. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 193 с.
17. Эстетические проблемы художественного конструирования комплексных объектов: Техническая эстетика. Тр. ВНИИТЭ. М.: ВНИИТЭ, 1980. Вып. 25. 170 с.
18. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности. М.: Наука, 1978. 391 с.
19. *Яблонский А. И.* Стохастические модели научной деятельности.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1975. М.: Наука, 1976, с. 5—42.
20. Acquisition of skill. N. Y.: Acad. Press, 1966.
21. Applied ergonomics handbook. Guilford (England): IPC, 1974.
22. Bioaustronautics data book. Wash.: US Gov. Print. Off., 1973.
23. *Бошев Н., Полнарев Б., Пандов Х.* Нормални биоконстанти на човешкия организъм и техни патологични отклонения. Пловдив: Христо Г. Данов, 1976.
24. *Broadbent D. E.* Decision and stress. N. Y.: Acad. press, 1971.
25. *Cakir A., Hart D. J., Stewart T. F. M.* Bildschirmarbeitsplätze Ergonomie Arbeitsplatzgestaltung Gesundheit und Sicherheit Aufgabenorganisation. B.: Spring.-Verl., 1980.
26. *Chapanis A.* Man-machine engineering. Belmont (Cal.): Wadsworth Publ. Co., 1965.
27. *Chapanis A.* Research techniques in human engineering. Baltimore (Md.): Johns Hopkins press, 1959.
28. Човешкият фактор в ергономичните системи. Норми и изисквания за оптимизация на системите човек — машина — работна среда. Пловдив: Национален съвет по ергономия и промишлена естетика, 1981. Т. I, II.
29. *Damon A., Stoudt H. W., McFarland R. A.* The human body in equipment design. Cambridge (Mass.): Harward Univ. press, 1966.
30. Displays and controls. Amsterdam: Swets and Zeitlinger, 1972.

31. *Edwards E., Lees F. P.* Man and computer in process control. L.: Inst. of Chem. Eng., 1973.
32. Ergonómia a termelésszervezésben: Egy termeleegység ergonomial elemzésének tapasztalatai. Budapest: Kohó-és gépipari szervezési és számítátechnikai int., 1977.
33. Ergonomia: Zagadnienia przystosowania pracy do człowieka (praca zbiorowa). Wyd. II. W-wa: KIW, 1974.
34. L'ergonomie des processus industriels. Bruxelles: Univ. Libre Bruxelles, 1966.
35. Ethnic variables in human factors engineering. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1975.
36. *Feyerabend P.* Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge. L.: Humanities Press, 1975.
37. *Filipkowski S.* Ergonomia przemysłowa. Zarys problematyki. W-wa: WNT, 1970.
38. *Fogel L. J.* Biotechnology: concepts and application. Englewood Cliffs (N. J.): Prentice-Hall, 1963.
39. *Grandjean E.* Fitting the task to the man — an ergonomic approach. L.: Taylor and Francis, Ltd., 1969.
40. *Grandjean E.* Ergonomics of the home. L.: Taylor and Francis, 1973.
41. Handbook i ergonomi. Stockholm: Almqvist and Wiksell, 1966.
42. *Harris D. H., Chaney F. B.* Human factors in quality assurance N. Y.: Wiley, 1969.
43. *Hartman R. F.* The structure of values: Foundation of scientific axiology. L.: Feffer and Simons, 1976.
44. *Heublein H. G.* Ergonomische komplexanalyse: I—III. B: Forschungaverband arbeitsmedizin, 1973.
45. *Howell W. C., Goldstein I. L.* Engineering psychology: Current perspectives in research. N. Y.: Appleton-Century-Crofts, 1971.
46. Human factors in highway traffic safety research. N. Y.: Wiley, 1972.
47. Introduction to human engineering. Koeln: Verl. TUEV Rheinland GmbH, 1976.
48. *Kahneman D.* Attention and efforts. Englewood Cliffs (N. J.): Prentice-Hall, 1973.
49. *Keller G.* Ergonomija za dizajnere. Beograd: Ncs, 1978.
50. *Kelley C. R.* Manual and automatic control. N. Y.: Wiley, 1968.
51. *Krasucki P., Michalski E.* Ergonomia praktyczna. W-wa: IW CRZZ, 1980.
52. *Mackworth J. F.* Vigilance and attention. Baltimore: Penguin Books, 1970.
53. *Matoušek O., Zastávka Z.* Metody rozboru a hodnocení systémů člověk — stroj. Pr.: SNTL, 1977.
54. *McCormick E. G.* Human factors in engineering and design. N. Y.: McGraw Hill, 1976.
55. Measurement of man at work: an approisal of physiological and psychological criteria in man-machine systems. L.: Taylor and Francis, 1971.
56. *Meister D.* Behavioral foundations of system development. N. Y.: Wiley, 1976.
57. *Meister D.* Human factors: theory and practice. N. Yà: Wiley, 1971.
58. *Meister D., Rabideau G. F.* Human factors evalution in system development. N. Y.: Wiley, 1965.

59. *Milsum J. H.* Biological control systems analysis. N. Y.: McGraw Hill, 1966.
60. *Montmollin M.* Les systèmes hommes-machines. Paris: Presses Univ. de France, 1967.
61. *Morgan C. T.., Cook J. S., Chapanis A.* et al. Human engineering guide equipment design. N. Y.: McGraw Hill, 1963.
62. *Murrel K. F. N. Ergonomics. L.*: Chapman and Hall, 1965.
63. Наръчник по ерготомия. София: Техника, 1973.
64. *Pacholski L.* Metodologia diagnozowania ergonomicznego w przédsibiorstwach przemyslu meblarskiego. Poznań: WPP, 1977.
65. *Paluszkiewicz L.* Ergonomiczne właściwości przyrzadów signalizacyjnych i sterowniczych. W-wa: IW CRSZ, 1975.
66. *Parsons H. M.* Man-machine system experiments. Baltimore: Johns Hopkins press, 1972.
67. *Pearson R.* Educational programmes in ergonomics: A world-wide profile.— Ergonomics, 1980, vol. 23, N 8.
68. *Popescu El., Mirea M., Iosif Gh.* et al. Ergonomic. Buc.: Editura Dacia, 1972.
69. *Poulton E. C.* Environment and human efficiency. Springfield (Ill.): Ch. C. Thomas Publ., 1970.
70. *Poulton E. C.* Tracking skill and manual control. N. Y.: Acad. Press, 1974.
71. Psychological principles in system development. N. Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1962.
72. Psychologická analýza činnosti operátora. Br.: VEBA, Vydavatel'stvo Slovenskej Akadémie VED, 1975.
73. *Roebuck J. A., Kroemer K. H., Thomson W. G.* Engineering anthropometry methods. N. Y.: Wiley, 1975.
74. *Rogaliński K.* Ergonomiczny system przemyslowy. Seria «Rozprawy». Poznań: WPP, 1977.
75. *Rosner J.* Ergonomia pracy umysłowej. W-wa: SGPiS, 1971.
76. *Sanders M. S., McCormick E. J.* Workbook for human factors in engineering and design. Dubuque (Iowa): Kendall-Hunt Publ. Co., 1975.
77. Selected papers on human factors in the design and use of control systems. N. Y.: Dover Publ., 1961.
78. *Shephard K. J.* Men at work. Springfield (Ill.): Ch. C. Thomas Publ., 1974.
79. *Sheridan T., Ferrel W.* Man-machine systems. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1974.
80. *Sheridan T., Johannsen G.* Monitoring behaviour and supervisory control. N. Y.: Plenum Press, 1976.
81. *Siegel A. I., Wolf J. J.* Man-machine simulation models. N. Y.: Wiley, 1969.
82. *Singleton W. T.* Man-machine systems. L.: Penguin Books, 1974.
83. *Słowikowski J.* Metodologiczne podstawy ergonomicznej normalizacji elementów sterujacych maszyn: Prace i materiały IWP, zeszyt 33. W-wa, 1976.
84. *Słowikowski J.* Zagadnienia diagnostyki ergonomicznej w budowie maszyn: Prace i materiały IWP, zeszyt 56. W-wa, 1980.
85. *Šmíd M.* Ergomické parametry. Pr.: SNTL, 1977.
86. Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie in Einzeldarstellungen: Lehrtext 1—2. B.: VEB Deutscher Verl. der Wiss., 1980.
87. Systems psychology. N. Y.: McGrow Hill, 1970.

88. The human operator in complex systems. L.: Taylor and Francis, 1967.
89. The human operator in process control, L.: Taylor and Francis, 1974.
90. *Узунски Г., Трополов К., Бончев Н.* Въведение в ергономичното проектиране. София: Техника, 1980.
91. Úvod do ergonomie. Pr.: Práce, 1975.
92. *Van Gott H. P., Kinkade R.* Human engineering guide to equipment design. Wash.: US Gov. Print. Off., 1972.
93. *Welford A. T.* Skilled performance: perceptual and motor skills. Glenview (Ill.): Scott, Foresman and Co., 1976.
94. *Wójtowicz R.* Zarys ergonomii technicznej. W-wa: PWN, 1977.
95. *Woodson W. E., Conover D. W.* Human engineering guide for equipment designers. Berkeley (California): Univ. Cal. press, 1964.
96. *Venables P. H., Martin I.* A manual of psychophysiological methods. Amsterdam: North-Holland, 1967.
97. Vigilance: a symposium. N. Y.: McGrow Hill, 1963.
98. Vorläufige Nomenklatur der Teilkriterien für die Optimierung des Systems Mensch — Arbeitsmittel — Produktionsumwelt: Forschungsbericht. B., 1980.

# ОТ СВОЙСТВ К ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМ: СТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМНОЙ ОРИЕНТАЦИИ В ПСИХОЛОГИИ ЛИЧНОСТИ

А. М. ЭТКИНД

Развитие системного подхода в психологии, привлекающего к себе все большее число исследователей [9, 13 и др.], сталкивается с трудностями, во многом специфичными для этой науки. Один из их источников — познавательная ситуация, в которой исследователь и его предмет сопоставимы по своей сложности и многим механизмам функционирования. Эта ситуация неоднократно обсуждалась в контексте системного подхода, чаще всего применительно к проблемам искусственного интеллекта. В психологическом исследовании, где равенство субъекта и объекта познания доходит до своего предела, связанные с этим методологические проблемы приобретают исключительно острый характер. Сформированные естественнонаучным методом навыки объективации, отчуждения предмета, отработанные на широчайшем материале от элементарных частиц до макросоциальных процессов — на всем том, что несравнимо по своему способу бытия с реальным субъектом научного знания, теряют свой автоматизм, будучи применены к человеку и его субъективности. Практическая эффективность науки может обеспечиваться в такой ситуации либо ее неосознаваемым смешением с познавательными средствами обыденного сознания или даже подменой ими, либо — случай, скорее, желаемый, чем действительный,— эксплицитным анализом субъективных факторов научного исследования, признанием и одновременно ограничением их роли в соответствии с одним из принципов системного подхода [8].

Естественное, но имеющее мало общего с наукой стремление исследователя распространить на изучаемый объект познавательные стереотипы, сформированные им в повседневной жизни, воспользоваться здравым смыслом как методом научного познания в психологии нередко оказывается продуктивным. Обыденное сознание лучше знает самого себя, чем что бы то ни было другое, и в исследованиях личности и поведения может играть роль более эвристичную, чем в науках о природе, культуре или обществе. Поэтому здравый смысл экспериментатора осуще-

ствляет здесь весьма эффективные в практическом плане ходы без всякого обращения к теории. Особенно очевиден успех подобной методологии в психодиагностике. Очевидна и ее неизбежная ограниченность.

*Психодиагностические методы и психологическая теория.* Целенаправленное и эффективное воздействие на поведение другого человека в контексте социального управления, педагогики или медицины требует прежде всего получения адекватной, соответствующей объективному положению вещей информации о его личности. Способы получения такой информации составили предмет особой области психологической науки — психодиагностики. Разработка психодиагностических методов, начавшаяся в 20-х годах нашего столетия и по сей день привлекающая к себе внимание немалой части психологов и у нас в стране, и за рубежом, несомненно представляет собой одно из крупнейших достижений научной психологии. Благодаря таким методам исследования личности, как тест Роршаха, 16-факторный личностный опросник, семантический дифференциал и др., возможность получения воспроизводимых квантифицированных данных, представляющая основу развития научного знания, в психологии оказалась реализованной, пожалуй, в большей мере, чем в других гуманитарных науках. Значителен и практический выход этой области исследований. Современную психолого-педагогическую службу, психотерапевтическую клинику, профессиональную или семейную консультацию трудно представить себе без активного использования методов личностной психодиагностики. Совершенно необходима и обоснованна поэтому та работа по развитию и применению разнообразных методов исследования личности, которая ведется ныне во многих научно-исследовательских центрах нашей страны.

Однако расхождение между теорией и методами, характерное для многих областей психологической науки, самым непосредственным образом сказалось и на судьбах психодиагностики. Вряд ли в естественных науках возможна была бы ситуация, в которой экспериментаторы бились, скажем, над конструкцией синхрофазотрона, а теоретики все еще занимались дефинициями силы, массы, а то и флогистона. В психологии же зачастую такое положение — реальность. Методическое обеспечение современных исследований личности намного опережает их теоретический уровень.

Информация, являющаяся продуктом индивидуальной интуиции, бывает вполне достоверной; такая информация, однако, не может быть ни подтверждена, ни развита до тех пор, пока не будет переведена в качественно иную форму. Без теории тест сохраняет свою близость к гороскопам: немаловажное значение имеет то, что один исследователь работает лучше, а другой — хуже. При этом в равной степени непонятно, как работает каждый из них.

В наибольшей степени это относится к тесту Роршаха, еще недавно бывшему самым распространенным в мировой науке методом исследования личности [19] (только в США в начале 70-х годов им ежегодно обследовалось более миллиона человек [23]) и привлекающему к себе все более серьезное внимание советских психологов [6, 17]. За полвека существования этого теста по нему опубликованы десятки тысяч работ. Разработка рафинированных технических систем теста, намного превосходящих своей точностью и детализированностью исходный вариант автора, сосуществует в полувековой истории этого метода с полным пренебрежением к тому, что исследуется тестом, почему он способен делать то, для чего он предназначен, в чем содержание тех психических феноменов, которые он измеряет. В конечном счете это пренебрежение привело к утере исходной интуиции и к менее ясному представлению об исследуемой тестом реальности, чем то, которое имплицитно содержалось в работе его автора. Итогом оказалась неясность не только теоретических, но и многих практических вопросов, разочарование в результатах работы целого поколения высококвалифицированных психологов и, наконец, постепенное падение популярности метода и отказ от него многих использовавших его специалистов. Во многом аналогичная судьба постигает и другие классические методы психодиагностики. Забвение теоретических проблем дорого обходится и науке, и практике.

Научный метод, по-видимому, предполагает наличие причинных связей между используемыми в нем индикаторами и описываемыми феноменами. Столбик ртути в термометре увеличивается, а цвет лакмусовой бумажки изменяется вследствие действия на них как раз тех факторов, которые мы хотим измерить. Разумеется, пользоваться термометром или лакмусом можно и не имея никакого понятия о температуре и кислоте. Более того, при счастливом стечении обстоятельств подобные инструменты

можно даже создать эмпирико-интуитивным способом. Именно таково происхождение и способ использования большинства психодиагностических методов. Получаемые в тестах величины используются чаще всего как приметы, знаки, симптомы измеряемых свойств личности, а не как их закономерные следствия. Научное знание вовсе не обязательно дискредитирует приметы практика; оно может их проверять, объяснять, развивать, рассматривая как закономерные проявления системных механизмов предмета и получая тем самым возможность эффективного управления этими механизмами [14].

Проблема отношения теоретического и конкретно-методического уровней знания является, на наш взгляд, одной из центральных в применении системного подхода в гуманитарных науках. В естественнонаучном исследовании привычна ситуация, в которой теория не только предсказывает динамику зависимых переменных, но и определяет сам механизм их измерения, так что схема работы прибора (метода) принципиально может быть описана на языке той же или более общей теории. По-видимому, именно такое отношение к применяемым методам должно считаться нормальным и в гуманитарном знании. Системное движение повысило чувствительность исследователей ко многим аспектам их деятельности, которые ранее казались само собой разумеющимися, не имеющими альтернативы. Одним из направлений такой методологической «дезавтоматизации» должно стать осознание проблематичности *теоретической* релевантности применяемых конкретно-научных методик.

*Проблема свойств личности.* С самого возникновения психодиагностики и психологии личности в качестве основного их предмета рассматривались свойства, устойчиво принадлежащие разным людям и отличающие их друг от друга (классическая постановка этой проблемы описана в [10]). На этом пути фиксации отдельных независимых параметров индивидуальных различий — черт личности — были созданы такие известные и широко применяющиеся конструкты, как экстраверсия — интроверсия, тревожность или нейротизм, доминантность, сензитивность и многие другие. В основе данного подхода лежит предположение, что поведение разных людей различается конечным набором внутренне присущих им стабильных свойств, реализующихся в любых внешних условиях и ситуациях. «Загнав» всю сложность поведения внутрь личности, эта

парадигма казалась естественной для науки, ориентированной на поиск психологических, внутренних, субъективных детерминант поведения. Односторонность парадигмы черт, однако, всегда давала себя знать, выражаясь то в непонятно малой надежности многих психодиагностических измерений, то в их низкой валидности, а в целом — и в недостаточной практической применимости этих методов.

Но если методические трудности обычно кажутся преодолимыми в ходе дальнейшей, еще более значительной по объему работы, то теоретические издержки этого подхода компенсировать труднее.

Действительно, определяя личность как совокупность ее свойств, мы лишаем себя возможности понять источник этих свойств, их происхождение, механизмы их реализации (в общей форме эти проблемы поставлены в [7]). Бумага, на которой пишутся эти строки, белая. Но сводится ли ее природа к ее белизне, прочности и другим ее свойствам? Разумеется, нет. Мы можем позволить себе остаться в пределах подобного пространства явных, практически значимых свойств вещей только до тех пор, пока нас интересуют исключительно их различия, их достоинства и недостатки. Занимаясь только отличиями одних сортов бумаги от других, мы не поймем, какими причинами и механизмами обусловлены цвет и качество бумаги, а значит, и не сможем активно воздействовать на эти параметры, формировать их. Для этого требуется совершенно иной подход, направленный на понимание того, из чего состоит предмет нашего интереса, какие силы и закономерности определяют бытие его материала и, в частности, те его качества, которые нас практически интересуют.

Действительно, развитие дифференциальной психологии и психодиагностики показало, что парадигма индивидуальных различий не способна вывести исследователей за пределы пространства этих различий. Сущность отдельных его измерений, да и природа самого пространства в целом остаются в рамках этой парадигмы непонятными. К примеру, развитие ведущего американского направления дифференциальной психологии личности, возглавляемого Р. Б. Кеттелом [20], привело ко многим практически значимым результатам, в том числе к разработке успешно применяемого у нас в стране 16-факторного личностного опросника. Скрупулезная обоснованность мно-

жества вопросов процедурного характера, свойственная этим работам, находится в курьезном противоречии с неряшливостью и эклектичностью теоретических положений, с помощью которых интерпретируются получаемые данные. В этом качестве фигурируют то упрощенный психоанализ, то наиболее тривиальные положения бихевиоризма, а чаще всего — обыденные представления здравого смысла. Если бы в теоретическом знании существовали столь же ясные критерии достоверности, как в экспериментальных областях науки, то вряд ли все это выдержало бы ту проверку, которую с успехом проходят сами психодиагностические методы (анализ проблем, связанных с концепцией Кеттела, дан в [12, 14]).

Психологические исследования, проводимые с помощью разнообразных методов объективной регистрации поведения, как правило, не обнаруживают в реальном поведении людей устойчивых к смене ситуаций и специфических для данного индивида инвариантов [27, 32 и др.]. Один и тот же человек может быть активен и общителен с одними людьми и замкнут с другими, смел и стабилен в одних ситуациях и невротичен в других. Параметры ситуаций, в которых протекает поведение, несомненно играют значительную роль в детерминации его особенностей. То, что целесообразно в одних ситуациях, нецелесообразно в других, и, адаптируясь к окружению, деятельность необходимо должна отражать в своих характеристиках его меняющиеся свойства. Чем выше психологическая зрелость личности, тем больше размах доступных ей изменений стиля своего поведения в соответствии с ситуацией, тем более богат ее ролевой и стилистический репертуар. Наоборот, вовсе не зависеть от обстоятельств может лишь поведение психически больных (что, кстати, объясняет особую распространенность парадигмы черт в клинической психологии).

Только в самое последнее время психология личности начала уделять внимание взаимодействию поведения с объективным социальным и физическим окружением. Разработан ряд методов, позволяющих количественно оценить те удельные веса, которые имеют в детерминации человеческого поведения субъективные и объективные факторы. Эти методы, основанные на дисперсионном анализе, исходят из трактовки разнообразия поведения как суммы некоторых других разнообразий, в частности разнообразия индивидов и разнообразия объективных ситуаций. Иссле-

дования в этой области привели к очень интересному результату. Оказалось, что различия между людьми и различия между ситуациями отвечают, взятые сами по себе, не более чем за 10% реальной изменчивости поведения [26]. Но если свойства субъекта и свойства объекта отвечают лишь за меньшую часть наших действий, то чем же определяется бóльшая их часть?

Экспериментальные исследования отвечают на этот вопрос так. Детерминантами большинства наших поступков являются не наши собственные особенности и не свойства ситуации сами по себе, а взаимодействия субъекта и объекта, личности и ситуации. Есть, к примеру, такие ситуации, в которых у большинства людей возникают тревога, страх, стрессовое состояние; есть такие люди, которые отвечают этими реакциями на большинство ситуаций. И тех и других, однако, достаточно мало. У подавляющего большинства людей в одних ситуациях возникает тревога, а в других — не возникает, точно так же как подавляющее большинство ситуаций вызывает тревогу у одних людей и не вызывает у других. Подобные данные получены и о таких видах поведения, как агрессия, коммуникативная активность и некоторые другие.

Надо отметить, что техника дисперсионного анализа, с помощью которого были получены эти результаты, исключает возможность сведения субъектно-объектных взаимодействий к свойствам их сторон, взятым по отдельности или вместе. Если бы взаимодействие имело линейный аддитивный характер, то его суммарная дисперсия распалась бы на субъектную и объектную составляющие. То, что взаимодействие этих переменных остается — и со столь большим весом — самостоятельным членом дисперсионного уравнения, свидетельствует о его целостности, несводимости к сумме своих частей. Так сам экспериментальный материал приводит к необходимости применения системной стратегии исследования, в которой целое становится исходной единицей изучения.

*Субъектно-объектные взаимодействия как единицы психологического исследования.* Переориентация психологического исследования на субъектно-объектные взаимодействия встречается с немалыми трудностями. Вероятно, основная из них состоит в том, что этот способ осмысления психологической реальности не знаком здравому смыслу. Ни в коей мере не являясь недостатком с точки зрения методологии науки, отсутствие наглядности, интуи-

тивной очевидности может сильно затормозить развитие теории в такой области, как психология.

Вместе с тем проблема субъектно-объектных взаимодействий не нова для психологической науки. В свое время это понятие было введено группой отечественных исследователей для разрешения теоретических трудностей в описании элементарного психического процесса — ощущения [1]. Познавательная ситуация при этом была сходна по своей логике с той, которая привела к появлению понятия взаимодействия в контексте психологии личности. Экспериментальные факты показали, что вопреки распространенному мнению об активности лишь одного из членов субъектно-объектной пары (объекта в случае ощущений), определенную, достаточно значимую активность проявляет в этом процессе и другая сторона — субъект. Эта проблема и была разрешена с помощью понятия взаимодействия, акцентирующего равенство и неаддитивность вкладов, которые вносят в процесс обе его стороны.

Если взаимодействие субъекта и объекта оказывается единицей анализа уже при исследовании ощущений, то тем более закономерна их необособимость друг от друга при изучении поведения и сознания личности. Управляя деятельностью субъекта на основе отражения ее объектов, механизмы психики начинают свои рабочие циклы с отображения взаимодействий между субъектом и объектом и кончают их регуляцией изменения этих же взаимодействий. Поэтому в основных психических механизмах попросту не нужны такие компоненты, которые несут «абсолютную» информацию о субъекте или объекте самих по себе, а не «относительную» информацию об их актуальных или возможных взаимодействиях. Очищение информации о взаимодействии от одной из ее составляющих возможно лишь как предельный случай, происходящий как результат немалых энергозатрат и лишь на очень высоком уровне психического развития. Прежде всего это касается элиминации субъективного компонента. Не только психологические исследования, но и разнообразный профессиональный опыт отлично показывает, сколь больших усилий стоит беспристрастность, какую ценность она поэтому представляет и сколь редко индивиду удается достичь такого состояния в своем взаимодействии с окружением. В противоположность распространенному мнению отражение реальности, свободное от

субъективных искажений, не есть первичное, фоновое состояние психики, иногда возмущаемое внешними для него факторами мотивов и эмоций. Напротив, естественными для психики являются как раз слитность, перасчлененность адекватного отражения объекта и его эмоциональных искажений.

Но и объектный компонент психического взаимодействия устранить весьма непросто. Опыт некоторых видов медитации, экспериментов с биообратной связью, аутотренинга свидетельствует о том, что освобождение бодрствующей психики от образов внешнего мира возможно лишь как итог длительных тренировок и явно не может рассматриваться как нормальное ее состояние. Даже наркотические изменения сознания, как правило, переживаются как глубокие искажения картины внешнего мира, но не как освобождение от нее.

Вместе с тем психологическая наука традиционно пытается разбить исследуемые ею процессы на два полярных типа, один из которых — эмоции и личность — описывается исключительно в терминах свойств и состояний субъекта, а другой — познавательные процессы — в терминах особенностей отражаемых в них объектов. Разрыв субъекта и объекта, возможный лишь в редких экстремальных состояниях психики, в учебниках по психологии выглядит как закон ее функционирования.

По-видимому, изучения полярных типологически наиболее ярких вариантов недостаточно для понимания механизмов, действующих в более общих случаях. Присущая психической картине мира целостность субъектно-объектных взаимодействий, слитность процессов отображения и преображения мира должна быть сохранена методологией психологического исследования.

*Описание субъектно-объектного взаимодействия в рамках обыденного сознания и реальной науки.* Если все это верно, то возможно ли, чтобы здравый смысл совершал столь грубые систематические ошибки в своей коронной области — объяснении и предсказании человеческих действий?

По-видимому, представление о том, что основным методом интерпретации поведения в рамках обыденного сознания является приписывание индивиду инвариантных, трансситуативных свойств личности, само по себе является не более чем данью здравому смыслу. Экспериментальные исследования, выполненные внутри сравнитель-

но молодой области психологической науки, специально занимающейся исследованием процессов объяснения человеческого поведения, действующих в повседневном общении и практической деятельности людей,— так называемой теории атрибуции [см. 21], показывают, что дело обстоит сложнее и интереснее.

При объяснении действий друг друга и самих себя люди используют две различные по своему принципу «методологии». Поведение другого человека объясняется свойствами его личности, и в этом процессе, как и в некоторых теориях личности, допускаются весьма грубые завышения стабильности черт. Однако собственное поведение значительно чаще объясняется особенностями ситуации, в которой оно протекает,— свойствами его объекта, обстоятельствами и т. д. [24, 29]. Человек «не видит» своих свойств, которые за ним легко замечают другие, но располагает гораздо более полным, чем окружающие, пониманием ситуации и связанных с ней мотивов своей деятельности. Это было неоднократно проверено в исследованиях, проведенных на разных выборках и касающихся разных сфер атрибуции (учебное и профессиональное поведение, выбор полового партнера, дружеские отношения и т. д.), и в целом подтвердилось, хотя связи и оказались опосредованными некоторыми дополнительными факторами (см. [31]).

Таким образом, в рамках обыденного сознания люди склонны по-разному объяснять субъектно-объектные взаимодействия в зависимости от своей позиции относительно этих взаимодействий. Само действующее лицо объясняет их на языке объекта, наблюдатель — на языке субъекта.

В свете этих данных нетрудно увидеть, что теория черт и соответствующие методы психодиагностики реализуют лишь одну из возможностей обыденного сознания, связанную с внешней точкой зрения на личность, с позицией бездействующего наблюдателя деятельности другого человека и соответственно — с субъектными атрибуциями.

Однако в прикладных исследованиях немалое распространение получили и иные подходы, в которых можно проследить развитие объектных атрибуций. Мы имеем в виду проективные методы психодиагностики, в частности упоминавшийся выше тест Роршаха, теорию личностных конструктов [25, 11], идею когнитивных стилей и методы

их измерения [33, 14], семантический дифференциал [30, 18]; список этот можно было бы продолжить. Общим для всех этих концепций является стремление к описанию того, как отражает личность значимый для нее круг объектов, и к пониманию наблюдаемых фактов поведения как реализации особенностей этого отражения. Логической моделью перехода от экспериментальных данных к описанию личности является здесь суждение типа «X является образом объекта B у субъекта Z», а не традиционное безобъектное «X является проявлением свойств P субъекта Z». В первом случае, таким образом, результаты измерения и прочие полученные в исследовании предикаты приписываются объекту, каким его видит данный субъект; во втором — они атрибутируются непосредственно субъекту.

Если в традиционной парадигме черт целью исследования является описание личности, как она воспринималась бы идеальным наблюдателем, то в «объектной», или феноменологической [28], парадигме целью является воспроизведение точки зрения самого действующего субъекта. В первом случае научные методы моделируют то, как «видят» человека другие люди (в частности, и то, как он сам себя видит, когда пытается смотреть на себя «со стороны»; содержательную теоретическую модель этого процесса см. [21]; во втором случае — то, как он видит окружающий мир.

Распространенные в современной психодиагностике тестовые методы примерно поровну распределяются между двумя этими типами. При этом проведение каких-либо соответствий между субъектными и объектными процедурами, как правило, оказывается невозможным. В специальной литературе зафиксированы сотни отрицательных результатов, полученных при поиске корреляций между проективными тестами и личностными опросниками, экспертными оценками поведения, психиатрической классификацией и т. д. Все послевоенные десятилетия не затухает дискуссия между представителями проективной и психометрической (базирующейся на теории черт) психодиагностики. Каждая из сторон, убежденная в валидности своих методов, доказывала недостоверность методов противной стороны на том основании, что они не коррелируют с ее собственными. Несмотря на свой необычно жестокий характер, в США, например, приведший к организационному конфликту внутри Американ-

ской психологической ассоциации, дискуссия эта не имела результатов.

Парадоксальность описываемых явлений не может быть снята на основе классической методологии, являющейся основой большинства психологических исследований. Сложившаяся ситуация требует преодоления традиционного провинциализма и привлечения современных средств методологического анализа, сформулированных в результате обобщения опыта неклассической физики и развития системного подхода.

*Психология взаимодействий и общенаучные принципы.* Несмотря на то, что аналогии между столь разными областями знания, как физика и психология, представляются достаточно опасными, мы полагаем все же, что познавательная ситуация в современной психологии личности действительно близка к ситуации в физике времен ее кризиса. Основой отмеченного сходства представляется столкновение экспериментальной практики с пределами объяснительных возможностей здравого смысла и вынужденный этим переход от наглядных моделей к более сложным и потому непредставимым. Острее всего такая ситуация переживается в таких науках, которые имеют достаточно глубоко укорененные в повседневной жизни и практике эквиваленты внутри здравого смысла. Это, по-видимому, не относится ни к химии, ни к биологии, но в самой полной мере касается физики (главным образом механики) и психологии.

Опыт развития физики показывает, что новые принципы, родившиеся в эпоху кажущегося крушения здравого смысла, не столько отменяют старые представления, сколько узаконивают их ограниченность, устанавливая пределы их справедливости (принцип соответствия) и условия сосуществования (принцип дополнительности). Важной чертой этого процесса является радикальное усиление роли субъекта-наблюдателя, делающее возможным объяснение ряда парадоксов различием его позиций относительно объекта (принцип относительности). Менее известным, но методологически существенным аспектом является возникающее в этих условиях и имеющее принципиальный характер противоречие между контринтуитивностью теоретических понятий и наглядностью опытных данных, являющейся логическим следствием самой природы экспериментального метода — так называемый принцип Бора [5]. Психологические исследова-

ния субъектно-объектных взаимодействий в своем эмпирическом развитии созрели, на наш взгляд, до применения этих положений.

Их наиболее общей формой является принцип множественности описаний системы, в явном виде сформулированной в рамках системного подхода [4]. Согласно этому принципу на определенном уровне развития знания об объекте оно не может быть полностью представлено в каком-то едином непротиворечивом описании. Из этого следует возможность одновременного признания валидности нескольких несогласующихся между собой описаний одного и того же объекта.

Однако логика основных статистических процедур в психологии личности — корреляционного и факторного анализа — основана на противоположном постулате единственности валидного описания. Существует такой набор значений переменных, который однозначно и полно описывает личность; вопрос только в том, чтобы отыскать эти переменные и научиться измерять их с наибольшей точностью. Поэтому чем более валидны разные методы, тесты или приборы, тем более совпадающие (коррелирующие) результаты они должны давать при измерении одних и тех же феноменов (в психометрии это положение известно как критерий конвергентной валидности).

Верный внутри каждой отдельной системы описания, этот постулат теряет смысл при их соотнесении. Невозможность эмпирически согласовать принципиально разные способы измерения (например, личностные опросники и проективные тесты) и описания (теории черт и феноменологические теории) личности не требует поэтому выбора одного из этих способов за счет других. Системный принцип множественности описаний разрешает сосуществование подходов, которые в свете классических представлений считались альтернативными.

В отличие от эклектического соединения противоречивых описаний системный подход должен идти значительно дальше простого признания их равноправия. Необходимым является их соотнесение с определенными классами задач, выявление условий и границ их валидности, уяснение логики перехода от одного описания к другому, что в конечном счете должно привести к объяснению их рассогласования и тем самым — к их согласованию на некотором метауровне.

Основой для этого может оказаться принцип дополнительности. В данном случае он применим не только в том расширительном значении, которое придают ему многие современные исследователи, но и в первоначальном, методологически более содержательном смысле, привязанном к определенному соотношению между теорией и экспериментальным знанием. В соответствии с ним явления дополнительны, если «каждое из них хорошо определено»; их наблюдение возможно только при «взаимоисключающих условиях опыта»; «взятые вместе, они исчерпывают все поддающиеся определению сведения об исследуемых объектах» [5].

Несовместимость субъектных и объектных описаний личности состоит в том, что они могут быть получены лишь во взаимоисключающих условиях эксперимента, предполагающих разную позицию наблюдателя, и дают разные результаты в отношении одних и тех же объектов. Справедливо и то, что, взятые вместе, субъектные и объектные «разложения» исчерпывают всю ту информацию, которая может быть получена о субъектно-объектных взаимодействиях с помощью современных средств измерения. В то время как каждое из них по отдельности является более или менее традиционным и в согласии с принципом соответствия развивает сходные механизмы здравого смысла, соотношение этих описаний между собой и их отношение к общему объекту выходят за пределы обыденного сознания и могут быть поняты только на основе неклассических принципов.

Проблема существования субъектно-объектного взаимодействия как целого, которое в свете принципа дополнительности не может быть описано иначе, чем своим субъектным либо объектным представлением, аналогична проблеме существования квантового объекта, который не может быть описан иначе, как с помощью корпускулярного либо волнового представления. «Микрообъект не есть ни корпускула, ни волна, ни «единство» волны и корпускулы (в духе некоего «внешнего их соединения»); он есть нечто третье, для которого у нас нет адекватного наглядного образа» [3, с. 14]. Точно так же и личность как система субъектно-объектных взаимодействий не тождественна ни своим субъектным свойствам, ни своему отражению объективного мира. То «нечто третье», что она собой представляет, не удается собрать в целостный наглядный образ. Адекватным средством для его описа-

ния является дополнительность субъектного и объектного языков. Каждый из них сохраняет свою преемственность с определенными компонентами здравого смысла и с классическими представлениями, но их сочленение оказывается сугубо неклассическим и ненаглядным.

Экспериментальный факт отнесенности разных — субъектных и объектных — описаний поведения к разным позициям наблюдателя дает, на наш взгляд, возможности и для еще более «сильной» интерпретации. Структура описания — и результаты измерения, и сама его логика — изменяется при перемещении наблюдателя относительно описываемого субъекта, совпадении позиции последнего с системой отсчета наблюдателя либо их расхождении. Очевидная связь этой динамики с принципом относительности наталкивает на мысль о возможной континуальности отношений деятеля и наблюдателя, существовании некоторой их метрики и зависимости характера атрибуции от «расстояния» между наблюдателем и деятелем в этом пространстве. Последнее может в таком случае более тонко определять меру соответствия систем координат наблюдателя и деятеля, чем дискретная характеристика их совпадения/несовпадения, используемая в теории атрибуции. В пользу этого предположения свидетельствует серия результатов, согласно которым объектность/субъектность атрибуций опосредуется не только внешней/внутренней позицией наблюдателя, но и позитивностью/негативностью его отношения к действию [см. 31].

* * *

Исходным парадоксом системного мышления [15] является невозможность описания целого без аналитического описания его частей и вместе с тем недостоверность описания частей без их соотнесения с целым. Именно с такой ситуацией мы встречаемся при анализе психического взаимодействия. Его описание как целого сталкивается с трудно преодолимыми проблемами контринтуитивности и отсутствия адекватного языка, а описание по частям оказывается эмпирически невалидным.

Сущность системного подхода состоит в осознании этого противоречия и в его последовательном преодолении с помощью все более сложных, все полнее учитывающих обе его стороны моделей. На этом пути необходимо избежать и зряшного отрицания методов и результатов

аналитической науки, и удовлетворенности ими, приводящей к превращению системного подхода в вывеску для изложения вполне традиционных идей, и спекуляций, оторванных от реальных проблем научного знания. Становление системной ориентации в конкретной науке не есть продукт чьих-то волевых усилий, чьего-то понимания либо непонимания. Она рождается внутри самого знания, в преодолении методических трудностей и экспериментальных парадоксов, в эмпирических обобщениях и решении практических проблем. Методологический анализ может, однако, по-новому осветить трудную ситуацию, увидев в ней черты сходства с более общими научными проблемами и использовав опыт их решения в более развитых науках. Общие принципы редко работают как основания для дедукции, они слишком бедны для выведения из них решений частных проблем. Наука сама «созревает» до этих принципов, и их применимость — возможный критерий ее зрелости.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Ананьев Б. Г., Веккер Л. М., Ломов Б. Ф., Ярмоленко А. В.* Осязание в процессах познания и труда. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. 105 с.
2. *Андреева Г. М.* Процессы каузальной атрибуции в межличностном восприятии.— Вопр. психологии, 1979, № 6, с. 26—48.
3. *Баженов Л. Б.* Дополнительность и единство противоположностей.— В кн.: Принцип дополнительности и материалистическая диалектика. М.: Наука, 1976, с. 73—89.
4. *Блауберг И. Г., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 296 с.
5. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 151 с.
6. *Бурлачук Л. Ф.* Исследование личности в клинике. (На основе метода Роршаха). Киев: Вища школа, 1979. 174 с.
7. *Веккер Л. М.* Психические процессы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974—1981. Т. 1—3.
8. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—54.
9. *Гордон В. М., Зинченко В. П.* Структурно-функциональный анализ психической деятельности.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1978. М.: Наука, 1978, с. 136—151.
10. *Кемеров В. Е.* Образ целостной личности в психологии Г. Олпорта.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1976. М.: Наука, 1976, с. 249—266.
11. *Козлова И. П.* Личность как система конструктов: Некоторые вопросы психологии личности Дж. Келли.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1975. М.: Наука, 1975, с. 205—218.

12. *Магун В. С.* О многоуровневости факторной структуры индивидуально-типических особенностей человека.— В кн.: Экспериментальная и прикладная психология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973, вып. 5, с. 92—101.
13. Опыт системного исследования психики ребенка. М.: Педагогика, 1975. 274 с.
14. *Палей И. М.* Методологические вопросы диагностики в дифференциально-психологическом исследовании.— В кн.: Психодиагностические методы в комплексном лонгитюдном исследовании студентов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976, с. 52—68.
15. *Садовский В. Н.* Парадоксы системного мышления.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1972. М.: Наука, 1972, с. 137—148.
16. *Самородницкий П. Х.* Принцип дополнительности и соотношение теоретического и эмпирического.— В кн.: Принцип дополнительности и материалистическая диалектика. М.: Наука, 1976, с. 97—121.
17. *Соколова Е. Т.* Проективные методы исследования личности. М.: Изд-во МГУ, 1980. 121 с.
18. *Эткинд А. М.* Опыт теоретической интерпретации семантического дифференциала.— Вопр. психологии, 1979, № 1, с. 17—27.
18а. *Эткинд А. М.* Тест Роршаха и структура психического образа.— Там же, 1981, № 5, с. 106—115.
19. *Buros O. K.* The sixth mental measurement yearbook. N. J.: Gryphon press, 1965. 967 p.
20. *Cattel R. B., Dreger R. M.* Handbook of modern personality theory. N. Y.: Acad. press, 1972. 756 p.
21. *Duval S., Wicklund R. A.* A theory of objective self-awareness. N. Y.: Acad. press, 1972. 260 p.
22. *Exner J. E.* The Rorschach: A comprehensive system. N. Y.: Wiley. 1979. 488 p.
23. *Golding S. L.* Flies in the ointment: Methodological problems in the analysis of the percentage of variance due to persons and situations.— Psychol. Bull., 1975, vol. 82, p. 278—288.
24. *Jones E. E.* et al. Attribution: Perceiving the causes of the behavior. Morristown: Gen. Learning press, 1971. 475 p.
25. *Kelly G.* The psychology of personal constructs. N. Y.: Norton, 1955. Vol. 1, 2.
26. *Magnusson D., Endler N. S.* Personality at the crossroads: Current issues in interactional psychology. Hillsdale: Erlbaum, 1976. 354 p.
27. *Mischel W.* Personality and assessment. N. Y.: Wiley, 1968. 312 p.
28. *Mischel W.* Introduction to personality. N. Y.: Holt, 1976. 573 p.
29. *Nisbett R. E.* et al. Behaviour as seen by the actor and as seen by the observer.— J. Personal. and Social Psychol., 1973, vol. 27, p. 154—164.
30. *Osgood Ch. E., Suci G. E., Tannenbaum P. H.* The measurement of meaning. Urbana: Univ. Ill. press, 1957. 314 p.
31. *Ross L.* The intuitive psychologist and his shortcomings: Distortions in the attribution process.— Advances in experimental social psychology. N. Y.: Acad. press, 1977, vol. 10, p. 173—220.
32. *Shweder R. A.* How relevant is an individual difference theory of personality? — J. Personal., 1975, vol. 43, p. 455—484.
33. *Witkin H. A.* Psychological differentiation. N. Y.: Wiley, 1962. 294 p.

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНОГО ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И. Н. СЕМЕНОВ

Одной из актуальных проблем современной науки является разработка средств оптимальной организации мыслительной деятельности как ведущего способа повышения эффективности умственного труда в различных сферах науки и практики. В связи с этим существенно меняется направленность психологического изучения мышления. Если раньше исследовались преимущественно различные свойства мыслительного процесса, то теперь акцент ставится в основном на изучении его организации в целом. Такая переориентация объясняется особой важностью в условиях автоматизированного производства (в связи с возрастанием роли человеческого фактора в условиях НТР) эффективных способов оптимизации мыслительной деятельности; характерным для современной психологии является также стремление к комплексному изучению психических явлений.

Реализация системного подхода в психологии связана с рядом трудностей, обусловленных во многом парадоксами системного мышления, суть которых определяется «несоответствием между наличными познавательными средствами и системными по своей специфике задачами научного и технического исследования» [13, с. 138]. Сегодня многие психологические исследования проводятся с использованием системных понятий, однако весьма трудно непосредственно воспользоваться этим опытом для выделения на уровне процедур способов системно-психологического изучения мыслительной деятельности. И дело здесь не только в том, что первоначально многие из этих исследований мышления велись в основном в кибернетической ориентации, при которой системные принципы реализуются лишь частично (например, из-за теоретико-информационного редукционизма неадекватно реализуется принцип целостности и т. п.). Системные принципы, хотя и содержатся имплицитно в характеристике механизмов мышления, специально не эксплицированы в качестве средств его системно-психологического изучения.

Между тем, по оценкам многих исследователей, именно «сознательное применение в психологии идей систем-

ного подхода открывает перед этой дисциплиной широкие перспективы совершенствования ее теоретического базиса» [18, с. 200]. В ряде работ авторы специально обосновывают сознательное применение ими системных принципов в качестве методологических средств организации психологического исследования [9, 11, 12, 15, 18 и др.]. Разработка таких средств предполагает «как движение от теоретической конструкции к выделению соответствующей ей эмпирической реальности, так и противоположное по направлению движение — от чувствуемой и представляемой реальности к ее схематизации в теоретическом конструкте» [2, с. 175]. По-видимому, указанный способ построения исследования является характерной чертой современных исследований когнитивных процессов [1, 4]. Системную стратегию психологического исследования можно представить в виде следующих этапов: построение теоретического представления или модели об изучаемой психической реальности как целостной системе; выделение релевантного эмпирического материала; разработка процедур его экспериментального освоения и способов психологической интерпретации получаемых данных об исследуемой системе [15, 16].

Эффективность реализующего данную стратегию психологического исследования во многом зависит от конструктивного решения проблемы соотношения общих (философских, общенаучных) принципов и схем и путей их конкретизации и применения на уровне специально научных предметных теорий [2, 7, 10, 18]. Так, представление деятельности (в частности, мыслительной) как системного объекта не может быть заранее задано одной только системной ориентацией самой по себе. Системная ориентация является лишь одним из необходимых условий и средств конструкции подобного рода объекта. Аналогично обстоит дело и с деятельностной ориентацией. Взятая на уровне общефилософского принципа или одного из исходных для психологии в целом представления, она, являясь, как и в первом случае, необходимым условием и средством, сама по себе не может привести к конструкции системного объекта. Необходима еще специфическая концептуальная добавка, которая каждый раз заключается в особом, предметном ви́дении и представлении объекта [1, 2]. Разумеется,— это не любое предметное ви́дение, а ви́дение, отвечающее сути, выражающее специфику направления исследования. Замыка-

ние на предметное ви́дение методологических ориентаций (как общенаучной системной, так и специально-научной деятельностной) дает концептуальную схему [10], конструкцию мышления как системного объекта [1, 15, 16].

В условиях современного автоматизированного производства резко возрастает роль человеческого фактора, что делает актуальным в изучении мышления исследование таких детерминант, как «личностные характеристики принятия решения, регуляторные аспекты в разных видах познавательной и предметной деятельности» [11, с. 5—6]. Именно эти аспекты, позволяющие трактовать мышление как целостность, акцентируются при его системно-психологическом изучении (см. [5, 12, 19]).

Рассмотрим в связи с этим такие современные направления психологии мышления, как эвристика и когнитивизм, использующие некоторые системные принципы в исследовании мышления. Если присущая когнитивизму общая установка на изучение познавательного «ядра» психики реализуется с помощью комплекса разнообразных методов, заимствованных из области исследований «периферийных» (непознавательных) психических процессов и из смежных с психологией наук (логики, лингвистики, кибернетики, общей теории систем), то эвристика, также опирающаяся на них, рассматривает это «ядро» исходя из постулируемой аналогии между мышлением человека и работой ЭВМ. Стремление применить психологические знания для разработки программ ЭВМ стимулировало развитие психологии, заставив по-новому посмотреть на мышление человека.

Основные итоги дискуссий, возникших в связи с проводимыми в этом направлении исследованиями [см. 1, 3, 4, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 20], можно кратко суммировать следующим образом: современные ЭВМ, опережая человека по быстродействию, значительно уступают человеку. Так, оказалось, что далеко не все в описании мышления поддается формализации — предметность мыслей, их осознанность, эмоциональная окраска и значимость для субъекта, хотя все эти моменты, регулируя процесс мышления, во многом способствуют успешности решения задач. Того же, что удалось формализовать,— элементарная маркировка входной информации и «лабиринтные» (по своему происхождению) алгоритмы преобразующих ее операций,— явно недостаточно для обеспечения решения сложных, особенно творческих задач.

Таким образом, исследования по проблеме «искусственного» интеллекта не только позволили разработать логико-математические и информационно-кибернетические средства формализованного описания процедур решения задач на ЭВМ, но также выявили особую — в условиях НТР — остроту проблемы специфики человеческого мышления. Если раньше классическая психология в лице Вюрцбургской школы стремилась установить эту специфику через анализ отличия мышления от других высших психических функций (прежде всего от памяти и восприятия), то современная эвристика, рассматривая работу ума человека по аналогии с ЭВМ, позволила в общепсихологическом плане поставить проблему специфики мышления в целом.

Как показали исследования, отличие мышления человека от работы ЭВМ в конечном счете связано с личностными моментами, которые, однако, в экспериментальной практике постоянно оказывались на периферии по сравнению с интенсивным изучением интеллектуальных процессов. Концентрация на их исследовании выразилась в создании интеллектуалистской концептуальной схемы мыслительной деятельности. Так, на смену первоначально целостной, хотя и мало дифференцированной и синкретичной трактовке мышления как ума (выделяемого наряду с двумя другими началами человеческой души [14] — чувствами и волей), пришла схема более одностороннего его понимания как высшей психической функции, обособляемой от других функций — восприятия, памяти, воображения. Указанная односторонность выразилась в том, что предпринятый Вюрцбургской школой поиск средств экспериментального отграничения от них мышления вылился в исследование его «упорядоченности» (О. Зельц) в качестве сугубо познавательного процесса при абстрагировании от внеинтеллектуальных, в частности личностных, характеристик как несущественных для изучения продуктивности мышления.

Подобное абстрагирование привело к оформлению интеллектуалистического подхода в лице гештальт-психологии, где установка на исследование объективного характера условий и средств мышления хотя и позволила рассмотреть процесс решения задач как раскрытие их предметного содержания в ходе переструктурирования проблемной ситуации, однако была реализована через абстрагирование от всего субъективного, что затемняло

объективность естественного развития содержания познавательного процесса. Именно последовательное проведение такой вполне оправданной на первых порах установки позволило в дальнейшем Ж. Пиаже, Дж. Брунеру и др. разработать средства использования современной логики для изучения и описания операциональной организации мышления. Все это открыло возможность формализовать описание операционального плана мышления и использовать это для моделирования его работы на ЭВМ. Однако именно экспериментальное изучение мышления человека по аналогии с работой ЭВМ вскрыло, как отмечалось выше, ограниченность интеллектуализма и показало необходимость учета личностного аспекта мышления для адекватного психологического исследования его как целостной системы. Важность учета личностного аспекта мышления отмечается многими психологами. С. Л. Рубинштейн, намечая пути экспериментального изучения мышления, подчеркивал: «Их общая установка: а) углублять исследования процесса как такового (поиски, операции, мотивы) и б) ввести личностный аспект» [6, с. 229]. Учет личностной обусловленности мышления необходим для его действительно системно-психологического изучения, ибо без рассмотрения субъекта деятельности во всей его полноте, а именно как активной, социально развивающейся личности, невозможно последовательно и по существу провести такой основной системный принцип, как целостность. В связи с этим возникает проблема построения концептуальной схемы, которая позволила бы системно представить мышление в единстве его интеллектуального и личностного планов и исследовать их органическую взаимосвязь в процессе решения творческих задач.

Большинство попыток расширить интеллектуалистическую трактовку мышления основано на включении эмоционально-волевых характеристик, т. е. проводится по существу в рамках традиционного рационалистического расчленения психики на три начала души (ум, волю, чувства), проведенного Тётенсом (см. [14]). Поскольку традиционно эти начала изучались обособленно друг от друга, то дополнение одного из них остальными ведет лишь к их внешнему объединению, без необходимого углубления исходных теоретических представлений о внутреннем строении самого мышления. Неадекватность подобного механистического преодоления указанной тради-

ции неоднократно отмечалась советскими психологами [6, 11]. Мы видим свою задачу в разработке системного понимания мыслительной деятельности, открывающего в перспективе возможности экспериментального исследования явлений, психологическое изучение которых принципиально невозможно в рамках интеллектуализма.

Достижение указанной цели предполагает введение особой концептуальной схемы мышления, а также разработку соответствующих средств экспериментального исследования. Одной из принципиальных трудностей здесь является поиск адекватных средств конструктивного преодоления в концептуально-теоретическом и процедурно-методическом отношении интеллектуализма. В исследовании продуктивности мыслительного процесса акцент традиционно ставится на процедурах и средствах решения задачи при известном абстрагировании от личностной обусловленности поиска. Обычно эта обусловленность — в виде мотивационного, эмоционального, волевого и т. п. факторов — выступает лишь как некоторое дополнение, как внешнее условие, не входящее в структуру самой познавательной деятельности. Такое понимание реализуется в соответствующей технике экспериментирования, когда к традиционно интеллектуалистическим методам изучения мышления добавляются различные концептуально мало сопоставимые с ними методики диагностического тестирования или изменения свойств личности, что может привести лишь к синкретической, а не системной характеристике связи интеллектуального и личностного в мышлении.

С методологической точки зрения это неявно предполагает «постулат элементаризма» — с той только разницей, что если раньше он выражался в стремлении разложить мыслительный процесс на простейшие, не расчленимые далее интеллектуальные операции, то теперь наряду с ними выделяются также и различные неинтеллектуальные факторы.

Конструктивная возможность преодоления «факторного элементаризма» связана с методологической конкретизацией предметной трактовки мышления — с учетом его интеллектуального и личностного аспектов — средствами системного подхода, позволяющего рассматривать входящие в состав объекта элементы как системно включенные в его структуру компоненты единого целого. Элементаризм здесь, в частности, снимается тем, что функ-

циональные связи между такими элементами строятся по принципам их иерархической соподчиненности и динамической организованности в развивающееся целое. Применительно к психологии продуктивного мышления (традиционно экспериментирующей с таким эмпирическим материалом, как речевая продукция испытуемых, решающих задачи путем рассуждения вслух [3, 6, 8, 11]) в качестве подобных элементов выступают отдельные речевые высказывания, порождаемые в процессе поиска решения. Однако каковы концептуальные основания и методические средства выделения в речевом потоке функций этих высказываний и как определить продуктивность репрезентированного в них личностного компонента мышления?

Отправным пунктом для построения концептуальной схемы, органично включающей в себя интеллектуальный и личностный аспекты мыслительной деятельности, послужила попытка теоретической интерпретации с помощью системных принципов обнаруженного нами при исследовании дискурсивного решения творческих задач важного экспериментального факта [15, с. 156—157]. Содержание вербализовавшихся в мыслительном процессе речевых высказываний относится не только к процедурам и средствам решения задач. В этом содержании выражаются и другие важные для продуктивности мышления моменты, которые связаны с осмысленностью поиска, значимостью его для субъекта, самооценкой и мотивацией деятельности субъекта. С выдвигаемой точки зрения [14, 16], субъект ие просто решает задачу, но и реализует себя в мыслительной деятельности как целостная личность. Поэтому особый интерес представляет выяснение того, каким образом личностные моменты наряду с интеллектуальными органически включены в ткань дискурсивного мышления. Его интеллектуальный аспект связан с содержательным движением мысли в условиях задачи в процессе поиска решения, а личностный — с его осмысленностью и осознанностью применяемых средств. Рефлексия как осмысление субъектом собственного поискового движения — специфическая для познавательной ситуации форма проявления личности как целостности, идентифицирующей себя с осуществляемой деятельностью в целях ее активного построения и целенаправленной регуляции [5, 15]. Таким образом, можно выделить два плана мышления: *содержательный*, связан-

ный с движением в предметных представлениях о проблемной ситуации задачи и в реализующих их операциях, и *смысловой*, обеспечивающий рефлексивное осознание используемых знаниевых средств для компенсации разрывов в предметно-операциональном движении и осмысление возникающих и преодолеваемых при этом личностных конфликтов. Это позволяет выдвинуть гипотезу о рефлексивно-личностной активации и регуляции предметно-операционального мыслительного движения как основного механизма творческого мышления [15]. Экспериментальная проверка предложенной гипотезы возможна путем проведения специального исследования, базирующегося на данной концептуальной основе и методически реализующего системную стратегию психологического изучения мышления.

Теоретической предпосылкой такого исследования может служить представление о включенности в структуру мышления его личностного компонента, обеспечивающего непрерывность мыслительного процесса (через его осмысленность и осознанность) и производного от тех позиций «я», которые занимает субъект по отношению к мыслимому содержанию и совершаемому в нем движению. Субъектом осознания и осмысления является личность в целом (рефлектирующая над осуществляемой деятельностью и в связи с этим над своим «я»), а непосредственным объектом — выполняемые операции и их предметные основания. Соответственно мышление осуществляется на таких уровнях, как предметный, операциональный, рефлексивный, личностный, которые образуют систему структурных компонентов мыслительной деятельности [15, 16]. Такое расслоение мышления позволяет представить процесс поиска решения задачи как движение вербализовавшейся мысли по иерархически соподчиненным и функционально взаимосвязанным уровням. Учитывая различное функциональное значение компонентов в целостном процессе мышления, целесообразно предположить их иерархическую организацию, которая должна проявить себя в виде вертикальной взаимосвязи уровневых компонентов, и процессуальную динамику — в виде горизонтальной развертки каждого из уровней, доминирующего в тот или иной период поиска решения. Движение внутри одного из уровней отражает его доминирование в целостном процессе их взаимодействия, переключение же с одного уровня на другой характеризует вовлеченность уровней в мыслительный

процесс, т. е. полноценность их функционирования [5, 15] в системе. Реально существующая взаимосвязь между уровневыми компонентами мышления весьма многообразна. В общем виде она характеризуется тем, что при исчерпании попыток преодолеть препятствия и конфликты, возникающие в рамках доминирующего уровня, возможности их устранения ищутся не только в его пределах, но и за счет перемещения поисковой активности на другие уровни, движение в которых не только снимает разрыв, но и само опосредовано развитием событий на различных уровнях, иерархически соподчиненных друг другу.

Согласно развитым в советской психологии принципам социальной детерминации деятельности, единства деятельности и сознания [6] целостность мышления как познавательной деятельности определяется ее личностными предпосылками (нормами, ценностями, целями, потребностями, мотивами и т. п.), производными от тех социальных отношений, в которые включена личность как субъект предметной деятельности. Поэтому вершину иерархии образует личностный уровень мышления, с которым связаны остальные уровневые компоненты. Обеспечивая включенность субъекта в ситуацию поиска решения и его самооценку относительно возникающих конфликтов, препятствий и возможностей их преодоления, личностный уровень тесно связан с рефлексивным, поставляющим материал для процессуального самоопределения личности в целях достижения успеха. Рефлексия также обеспечивает бесперебойность протекания мышления через устранение разрывов в осуществлении деятельности. Поскольку для этого необходимо не только осознание продвинутости поиска, но и определение границ применимости средств, привлекаемых для предметного снятия разрывов, то рефлексивный уровень связан с предметным, презентирующим проблемную ситуацию через ее моделирование. Поскольку его реализация осуществляется через выполнение соответствующих операций, то предметному уровню подчинен операциональный, обеспечивающий осуществление различных процедур и преобразований, ведущих к получению ответа. Поскольку в процессе его поиска необходимо не только выбирать характер или тип операций (в зависимости от принимаемых предметных оснований), но и исправлять ошибки, менять направление поиска и преодолевать возникающие в связи с этим у

личности напряженность и усталость, то операциональный уровень подчинен не только одному предметному, но также рефлексивному и личностному уровням. Итак, согласно проведенной психологической конкретизации принципов системного подхода применительно к мышлению реальный мыслительный процесс является сложным многоуровневым и полифункциональным образованием, который можно изобразить через выделение системообразующих связей (порождения, развития, регулирования, управления и т. п.) между элементами системы.

Поскольку элементы, образующие тот или иной компонент, весьма многообразны и неоднородны, то для экспериментального исследования взаимосвязи компонентов мышления как механизма познавательной деятельности недостаточно одной лишь ее общей характеристики через рассмотрение протекания мыслительного процесса по выделенным уровням. Ибо каждый из них, представляя собой многослойное образование, состоит, в свою очередь, из различных подуровней. В связи с этим возникла проблема разработки процедур выделения элементов мыслительной системы; в нашем случае — отдельных речевых высказываний испытуемых, решающих задачи вслух, реализующих движение мысли на доминирующем уровне. Для этого необходимо было дифференцировать высказывания в зависимости от их продуктивной функции в обеспечении решения на основе соответствующих концептуальных оснований. Разработка адекватных концептуально-методических средств служит предпосылкой квантификации речевого потока, определения единиц измерения, построения способов оперирования ими с целью получения показателей, релевантных системно-психологической характеристике мыслительного процесса.

Применительно к дискурсивному мышлению это означает выделение такой единицы анализа, как функция речевых высказываний (через их типологизацию), и определение константных соотношений между различными типами высказываний (через соответствующие вычисления). Конкретные значения констант, измеряемые в результате исследования, и служат показателями динамики мыслительного процесса при дискурсивном решении задач. Вербализуемые в процессе поиска высказывания различных типов функционально относятся к соответствующему уровню. Определение функции высказывания того или иного типа производится через логико-психологиче-

ское сопоставление с эталонами, являющимися в данном случае мерой измерения интеллектуальных и личностных характеристик мышления. Функции предметно-операциональных высказываний различных типов производны от нормативно-содержательного эталона, который строится исходя из комбинаторики объективно возможных стратегий и способов поиска [16] и описывает процедуры и средства решения в виде операций и их предметных оснований [15]. Функции рефлексивно-личностных высказываний производны от регулятивно-смыслового эталона, который строится исходя из субъективно необходимых позиций и тактик поиска и описывает формы его осознанности и осмысленности, а также характер личностной вовлеченности субъекта в процесс мышления с привлечением резервов мобилизующегося «я» [5, 14, 15]. Установлены следующие функции высказываний, репрезентирующих движение мысли на соответствующих уровнях: личностном — самооценки, пояснения, мотивировки, самоопределения; рефлексивном — фиксации, вопросы, оценки, установки, квалификации, проблематизации; предметном — представления, интенции, модели, средства; операциональном — планы, схемы действования, операции, результаты действий [15, с. 156—161].

Определение функций речевых высказываний в процессе поиска решения позволяет не только реконструировать особенности движения мысли в предметном содержании и механизмы его смысловой активации и осознанной регуляции, но и системно представить мыслительный процесс в целом — в виде графического изображения вербальной траектории продвижения мышления [15, с. 163] в тот или иной момент поиска в зависимости от того, на каком именно уровне оно происходит. Данные о распределении функций речевых высказываний по уровням служат показателем того, какие изменения в функционировании структуры мыслительной деятельности происходят при варьировании в эксперименте условий ее протекания. Для сопоставления результатов экспериментальных серий необходимо также рассмотрение различий в распределении ответов по нормативным типам решения, которые служат показателями успешности решения в целом [15, с. 158—159]. Еще более тонким инструментом качественного анализа являются сами элементы норматива (как содержательной структуры деятельности), соотнесение с которыми содержательных высказываний служит

основанием для выделения соответствующих предметных и операциональных функций. Поскольку чередующиеся с ними в процессе решения смысловые высказывания — личностные и рефлексивные — опосредствуют содержательное продвижение поиска, осуществляя его активацию и регуляцию, то степень актуализации функциональных уровней протекания мышления служит показателем вербальной репрезентации компонентов его структуры и характеризует качественную организованность мышления в зависимости от степени их реализации при дискурсивном решении задач.

Разработанные показатели характеризуют особенности движения мысли как внутри уровней, так и между ними, позволяя диагностировать степень продуктивности мыслительного процесса, его структурную организованность, функциональную интенсивность, внутриуровневую развернутость, межуровневую сбалансированность, процессуальную динамику в зависимости от складывающегося в реальном поиске конкретного соотношения между функциями вербализовавшихся речевых высказываний [5, 15]. Это соотношение измеряется соответствующими коэффициентами, качественная интерпретация которых через принятые концептуальные основания обеспечивает системно-психологическую характеристику мышления.

Приведенный выше состав функций, разумеется, может быть уточнен и дополнен в зависимости от расширения конкретных целей (например, при переходе к изучению мышления в ситуации общения при коллективном решении задач) и соответственно арсенала концептуально-методических средств. Однако наша задача состоит не в получении максимально полного списка функций речевых высказываний, а в процедурно-методическом выделении именно тех из них, которые являются основными для характеристики элементов мыслительной системы и которые при этом непосредственно репрезентируют в вербальной форме уровневые компоненты ее структуры: личностный, рефлексивный, предметный, операциональный.

Рассмотренное системно-психологическое понимание мыслительной деятельности соответствует основным расчленениям, сложившимся в психологии мышления. В разные периоды ее развития в центре внимания различных школ и направлений оказывались те или иные аспекты мышления. Огрубленно это соответствие можно представить следующим образом. Для бихевиоризма ведущим

был операциональный аспект интеллектуального поведения, который с иных позиций изучался Ж. Пиаже, Дж. Брунером, а также многими советскими психологами [6, 11]. Предметный аспект мышления интенсивно исследовался гештальтистами, а на основе принципа деятельности — рядом отечественных исследователей [6, 18]. Рефлексия начала психологически исследоваться в Вюрцбургской школе и изучается советскими психологами на иной основе, восходящей к работам П. П. Блонского, Л. С. Выготского, А. Н. Леонтьева, С. Л. Рубинштейна и др. Личностный аспект организации мышления рассматривался Г. Роршахом, К. Левиным, У. Мюрреем, Г. Олпортом, а также отечественными исследователями К. А. Абульхановой, А. Р. Лурией, Н. И. Непомнящей, Я. А. Пономаревым, Б. М. Тепловым и др.

Результаты проведенных нами экспериментов [1, 5, 15, 16 и др.], показавших релевантность разработанной концептуальной схемы системно-психологическому изучению мыслительной деятельности на материале такой традиционной для психологии проблемы, как механизмы продуктивного мышления, открывают возможность использовать системный подход к рассмотрению одной из актуальных проблем современной когнитивной психологии — проблеме принятия решения.

Многие исследования в этой области посвящены выяснению формальных оснований принятия решений и определению состава реализующих их процедур. Хотя это и позволяет получить операционально-техническую характеристику процессов принятия решения, однако оставляет открытым вопрос об их субъективных условиях и содержательных предпосылках. В связи с этим представляет интерес исследование рефлексивно-личностной обусловленности принятия решения [16]. Поскольку оперирование предметным содержанием в процессе поиска решения интенсивно изучалось в психологии продуктивного мышления, то необходимо ассимилировать ее достижения и представления о творческом, личиостно значимом поиске решения для более глубокого изучения предметной обусловленности принятия решения.

Одной из методологических предпосылок этого являются экспликация и анализ связи концептуальных схем, лежащих в основе изучения процессов принятия решения и продуктивного мышления. По своим исходным интенциям и представлениям эти подходы весьма различ-

ны — методологическую основу традиционной психологии продуктивного мышления составляют гносеологические схемы трактовки мышления как познавательной деятельности, а при изучении принятия решения характерно использование кибернетических схем социального действия для трактовки этих процессов как звена в работе систем управления. Соответственно различен и предмет исследования: в гносеологической традиции — поиск решения задачи, а в кибернетической — принятие решения о предполагаемом действии.

Различие обеих традиций особенно хорошо видно в понимании исходной ситуации мыслительного процесса: если начало поиска характеризуется проблемностью (т. е. противоречием между известной целью, данной в некоторых условиях, и неизвестными средствами ее достижения), то при принятии решения процесс во многом изначально определен имеющимися в наличии альтернативами, и именно выбор (как оценка уже рассмотренных возможностей и прогнозирование открывающихся перспектив) одной из альтернатив программирует поставленную цель. Однако различия не мешают обеим традициям активно взаимодействовать, что выражается в переориентации современных исследований процессов принятия решения с кибернетики, физиологии, математики на социологию, этику и психологию [8]. Вовлечение последней в решение практических задач расшатывает ставшие узкими рамки гносеологической трактовки мышления и обогащает ее новыми междисциплинарными представлениями и методами, конструктивное использование которых требует системной методологии.

Такое взаимодействие указанных традиций имеет определенные исторические предпосылки. Отметим две из них, наиболее существенные, через указание ведущих «моделирующих представлений» [1, 2, 18], составляющих, на наш взгляд, концептуальную основу кибернетической трактовки интеллектуального акта как процесса принятия решения: а) бихевиористское представление о лабиринте (Торндайк), что определяет способ изображения этого процесса в виде осуществления выбора из дерева возможных альтернатив; и б) ассоцианистское представление об атомарности мыслительного акта (Дж. Ст. Милль) как вынесения суждения вследствие вывода из посылок, получаемого через умозаключение, что позволило в дальнейшем использовать аппарат формальной и математиче-

ской логики для формализованного описания движения по площадкам лабиринтного дерева возможностей принятия решения. Именно с укорененностью такого объяснения в концептуальные схемы ассоцианистской и бихевиористской трактовки мышления и связаны многие трудности информационно-кибернетического и теоретико-множественного подхода к психологическому изучению принятия решения. Это выражается, в частности, в иллюзии, что надежность выбора может быть повышена только через разработки критериев оценки полезности альтернатив (для чего привлекается широкий арсенал средств: от аппарата теорий вероятности и игр до этических систем [8]). В основе этого лежит все тот же интеллектуализм, исходя из которого принятие решения исследуется обособленно от остальных сфер психики, лишь механически привносимых при объяснении для полноты картины. И это понятно. Ибо в теоретико-информационном описании принятия решения (как следования выбору на основе оценки полезности для цели альтернативных возможностей) действительно не оказывается места ни для эмоций, ни для воли, а имеют место лишь рационалистически понимаемые интеллектуальные процессы. Более того, последние трактуются весьма упрощенно — даже с точки зрения последующего развития самой интеллектуалистической традиции в работах Вюрцбургской школы и гештальт-психологии. Ассимиляция этих более богатых (чем ассоцианистско-бихевиористских) представлений об интеллектуальных явлениях позволяет существенно расширить понимание таких процессов принятия решения, как выделение альтернатив и их оценка для последующего выбора. Именно представители Вюрцбургской школы, изучая связь экспериментально выделенных ими процессов мышления с волевой решимостью и эмоциональной окрашенностью, установили важную роль рефлексивных моментов мышления.

Если оценка при принятии решения традиционно трактуется через соотнесение с внешними для вынесения суждения эталонами, то учет смысловых моментов мышления позволяет рассмотреть ее внутреннюю, рефлексивную обусловленность. Стремление дать формализованное описание процедур принятия решения привело к акцентированию операционального аспекта мышления в ущерб содержательному, интенсивно изучавшемуся гештальтистами, которые предложили более глубокое структурное

понимание решения задач (по сравнению с лабиринтным в бихевиоризме). С этой точки зрения, выделение альтернатив и их анализ при принятии решения представляет собой дифференциацию мыслимого поля действий на «фигуру» очерченных возможностей и «фон» исходных условий, а также их переструктурирование через взвешивание альтернатив вплоть до образования такого гештальта, который послужил бы содержательной основой для предстоящего выбора.

И все-таки есть своя логика в том, что исторически, несмотря на отмеченные потенциальные возможности Вюрцбургской школы и гештальт-психологии для исследования процессов принятия решения, психологическую основу их концептуальной трактовки первоначально составили все-таки ассоцианистский принцип элементаризма (т. е. разложимости психических явлений на «атомарные» процессы) и бихевиористский принцип лабиринтного решения задач как вероятностного процесса «проб и ошибок». И дело здесь не столько в том, что оба эти принципа — суть реализация в психологии методологической установки позитивизма, согласно которой сущность изучаемого тождественна процедурам исследования его лишь как вещного, натурального объекта, непосредственно данного органам чувств.

Парадоксально, но именно бихевиористская конкретизация этих предпосылок позволила трактовать мышление как проявление действенной активности субъекта, в частности, в ситуации принятия решения в системах управления. При гносеологической трактовке мышления в интеллектуалистически ориентированной психологии это была скорее активность познающего духа, а не действующего в реальных условиях субъекта. Именно в этом — известная слабость вюрцбургской и гештальтистской трактовок мышления по сравнению с бихевиористской. В последней, несмотря на бедность феноменологии, имеется положительный момент — представление об интеллектуальном поведении как о процессе формирования навыка и, следовательно, акцент на операциональный аспект мышления.

Итак, реализация гносеологического подхода к мышлению ведет к выделению операционального и предметного аспектов в качестве предмета исследования. С точки зрения проведенных расчленений необходимо изучать прежде всего их опосредствованность рефлексивными и

личностными аспектами мыслительной деятельности. Процесс принятия решения неодномерен, и его можно представить следующим образом. Для первого этапа характерна непосредственная реакция на необходимость быстрого принятия решения, что реализуется операционально — в виде попыток осуществить его как бы сходу, без особой подготовки, за счет использования уже сложившихся навыков действия в сходных ситуациях. Поскольку это редко удается, то происходит переход от первого, симультанного, ко второму, сукцессивному, этапу принятия решения, когда осознается неадекватность непосредственной попытки и происходит переход к интенсивному поиску возможных вариантов действия. На третьем этапе найденные варианты рассматриваются и оцениваются как альтернативные предпосылки для последующего принятия решения, процедура которого в виде обоснованного выбора оптимальной альтернативы осуществляется на четвертом этапе. С точки зрения рассмотренной концептуальной схемы для первого этапа процесса принятия решения характерно доминирование операционального уровня при минимальной вовлеченности остальных. На втором этапе наряду с операциональным имеет место интенсивное предметное движение, которого, однако, недостаточно для продуктивного снятия проблемности ситуации. На третьем этапе направленность на поиск нескольких вариантов решения и их оценку интенсифицирует движение на рефлексивном уровне. На четвертом этапе в силу самоопределения и ответственности личности при совершении выбора во взаимодействие трех указанных компонентов активно включается личностный. Каждый из этапов характеризуется особым типом динамики деятельности в соответствии с преобладанием движения на том или ином уровне, и только на четвертом этапе происходит полноценное взаимодействие всех компонентов мышления, что является, как показали проведенные эксперименты [16], условием продуктивности принятия решения.

Таким образом, успешность принятия решения опосредствована продуктивными факторами, возникающими в результате интенсификации поисковой фазы подготовки решения (третий этап) и соответствующей организации фазы собственно принятия решения (четвертый этап). Разработка средств специальной организации поиска (при необходимом сокращении его длительности) представляет собой особую проблему, от конструктивного ре-

шений которой зависят резервы повышения эффективности принятия решения. Рассмотренное представление о специфике продуктивности принятия решения может служить одним из оснований для разработки средств оптимизации принятия решения.

Итак, можно сделать следующие выводы. Рассмотренные принципы системного подхода к изучению мышления и реализующие эти принципы методические процедуры нормативного анализа речевой продукции испытуемых были апробированы в ряде экспериментальных исследований продуктивности решения творческих задач. В результате проведенных исследований были установлены: регулирующая роль личностного и рефлексивного компонентов когнитивной деятельности по отношению к предметному и операциональному ее компонентам, особенности изменения уровней структуры когнитивной деятельности через перераспределение удельных весов между ее компонентами в соответствии с варьированием экспериментальных условий, изменение функций регулирующих компонентов, например при коллективном решении в сравнении с индивидуальным, личностной обусловленности процесса целеобразования, при формировании приемов рефлексивной саморегуляции на различных этапах поиска и принятия решения [15, 16 и др.]. Результаты этих экспериментов подтвердили гипотезу о регулирующей функции рефлексивно-личностного плана мышления по отношению к его предметно-операциональному плану. Экспериментально апробированная таким образом концептуальная схема позволяет по-новому объяснить ряд феноменов творческого мышления (пробы и ошибки, ригидность, направленность, гештальтобразование и др.) разными типами структурной организации продуктивного процесса, ассимилировать результаты различных исследований его механизмов и соответственно более конструктивно поставить проблему оптимизации познавательной деятельности в практике инженерной и педагогической психологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Н. Г., Зарецкий В. К., Семенов И. Н.* Когнитивизм как общепсихологическая концепция познавательных процессов и научения.— Вопр. психологии, 1979, № 2, с. 164—169.
2. *Алексеев Н. Г., Юдин Э. Г.* Проблема системности исследования в психологии.— Там же, 1977, № 3, с. 174—177.

3. *Брушлинский А. В.* Мышление и прогнозирование. М.: Мысль, 1979. 230 с.
4. *Гордон В. М., Зинченко В. П.* Структурно-функциональный анализ психической деятельности.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1978. М.: Наука, 1978, с. 136—151.
5. *Зарецкий В. К., Семенов И. Н., Степанов С. Ю.* Рефлексивно-личностный аспект формирования решения творческих задач.— Вопр. психологии, 1980, № 5, с. 112—117.
6. Исследования мышления в советской психологии. М.: Наука, 1966. 476 с.
7. *Лекторский В. А., Швырев В. С.* Методологический анализ науки: Типы и уровни.— В кн.: Философия, методология, наука. М.: Наука, 1972, с. 7—44.
8. *Линдсей П., Норман Д.* Переработка информации у человека. М.: Мир, 1974. 550 с.
9. *Ломов Б. Ф.* Системность как принцип математического моделирования в психологии.— В кн.: Вопросы кибернетики. М.: Наука, 1979, вып. 50, с. 3—18.
10. *Мирский Э. М., Юдин Э. Г.* Концептуальная схема и эмпирический материал в изучении научного творчества.— В кн.: Семинар по методологическим проблемам творчества. Симферополь: Симфероп. ун-т, 1974, с. 14—18.
11. Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976. 319 с.
12. *Пушкин В. Н.* О системном подходе к анализу мышления.— В кн.: Экспериментальное исследование продуктивных (творческих) процессов мышления. М.: Знание, 1973, с. 9—14.
13. *Садовский В. Н.* Парадоксы системного мышления.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1972. М.: Наука, с. 133—146.
14. *Семенов И. Н.* Душа.— В кн.: БСЭ. 3-е изд., 1972, т. 8, с. 554.
15. *Семенов И. Н.* Опыт деятельностного подхода к экспериментально-психологическому исследованию мышления на материале решения творческих задач.— В кн.: Методологические проблемы исследования деятельности. М.: ВНИИТЭ, 1976, с. 148—188. (Труды ВНИИТЭ. Сер. Эргономика; Вып. 10).
16. *Семенов И. Н.* Методологический анализ типов концептуальных схем организации когнитивной деятельности в условиях принятия решения.— В кн.: Проблемы методологии эргономического исследования. М.: ВНИИТЭ, 1977, с. 49—66. (Тр. ВНИИТЭ. Сер. Эргономика; Вып. 20).
17. *Тихомиров О. К.* Философские и психологические проблемы «искусственного интеллекта».— В кн.: Искусственный интеллект и психология. М.: Наука, 1976, с. 5—40.
18. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности. М.: Наука, 1978. 391 с.
19. *Allport G. W.* The open sistem in personality theory.— J. Abnorm. and Social Psychol., 1960, vol. 61, p. 17—24.
20. *Neiser V* Cognitive psychology. N. Y.: Appleton-Century-Crofts, 1967. 351 p.
21. *Radford G.* Reflections on introspections.— Amer. Psychol., 1974. vol. 29, p. 245—250.

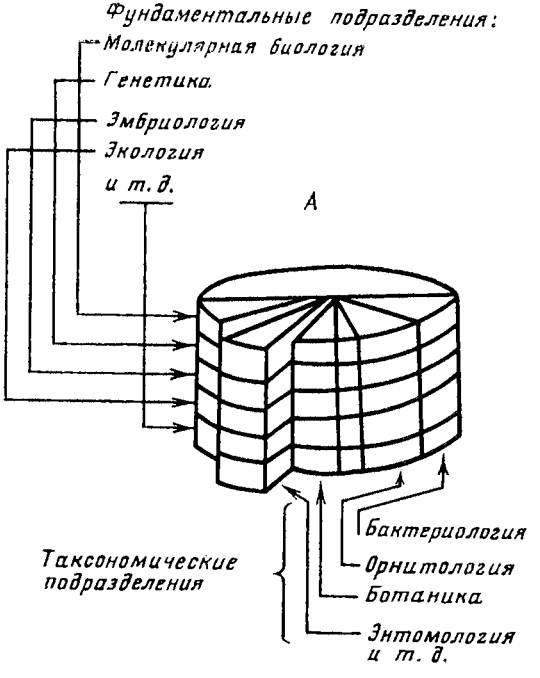
# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В КОНКРЕТНО-НАУЧНОМ ЗНАНИИ

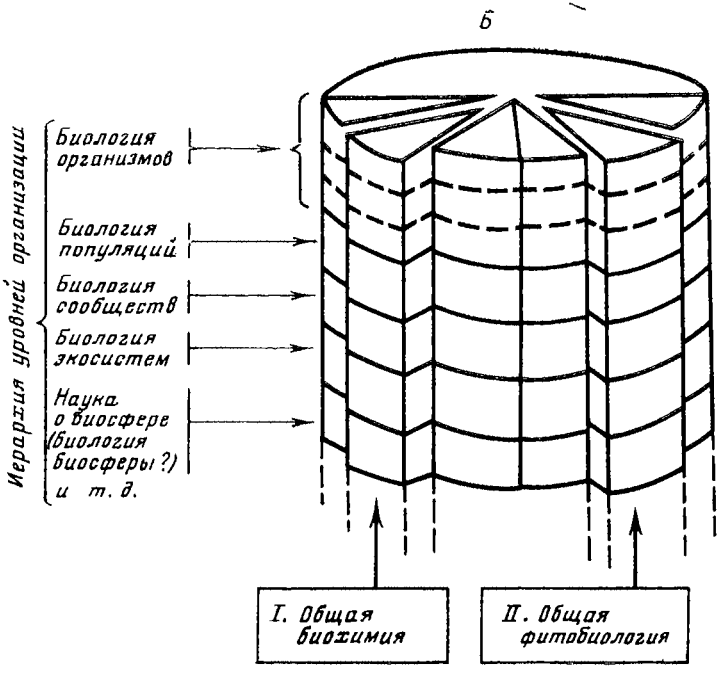
## ИЕРАРХИЯ ЖИВЫХ И БИОКОСНЫХ СИСТЕМ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В ЗНАНИИ

К. М. ХАЙЛОВ

Известно, что живая природа в целом и отдельные системы-объекты организованы иерархически. В основе функциональной иерархии лежат разделение и интеграция функций, так что высшие уровни представляют собой неаддитивное объединение низших. Неаддитивность означает появление некоторых новых свойств, отсутствующих на предшествующем уровне. В нефункциональной иерархии объединение не сопровождается разделением, а следовательно, и интеграцией функций, так что новые свойства не возникают. Классическим примером последней может служить иерархия биологических таксонов. Промежуточное положение между ними занимают разнообразные случаи структурной иерархии с большим или меньшим разделением функций. Примером может служить слоевище низших растений, состоящее из «ветвей», образующих иерархическую систему при минимальной функциональной дифференциации.

Осознание и изучение таксономической иерархии было одной из главных составляющих общей биологии классического периода. Но в рамках таксономии понятие «общая» неизбежно охватывает только часть биологической реальности — мир организмов и видов. Еще совсем недавно — в сороковые и пятидесятые годы — и биологи, и философы полагали, что знание организмов и видов достаточно полно, чтобы говорить о структуре, функции и происхождении жизни и живой природы. Сегодня и биологам, и философам ясно, что в ту пору до полноты было очень далеко, что структура, функция и происхождение живой природы в целом далеко еще не осмыслены.


Фундаментальные подразделения:
Молекулярная биология
Генетика
Эмбриология
Экология
и т. д.
А
Таксономические подразделения
Бактериология
Орнитология
Ботаника
Энтомология
и т. д.


Б
Иерархия уровней организации
Биология организмов
Биология популяций
Биология сообществ
Биология экосистем
Наука о биосфере (биология биосферы?)
и т. д.
I. Общая биохимия
II. Общая фитобиология

Изучение функциональной иерархии также берет начало от истоков биологии. Естественно, что вначале была замечена лишь структурно-функциональная иерархия в пределах организма. То, что можно назвать макроиерархией, т. е. структурно-функциональная организация всей живой природы (от клетки до биосферы), стало изучаться лишь в начале века, во многом благодаря развитию экологии. С середины XX в. стало ясно, что глобальная практика человека вскоре потребует знания макроскопической организации жизни в не меньшей мере, чем знания низших уровней организации. Сегодня это макроскопическое знание стало живой и острой необходимостью. Ясно, однако, что его уровень сильно отстает от общего уровня науки, потребностей практической жизни, от уровня промышленной и социальной деятельности. Частично это есть следствие отставания в сфере общебиологических представлений. Современное содержание таких понятий, как «общая биология», «общая биохимия», за которыми стоят парадигмы биологии, далеко еще не сложилось, мало обсуждается в нашей литературе. Эти вопросы почти не отражаются и в образовательных программах. Именно этой теме — закономерной эволюции в понимании «общей биологии», и «общей биохимии» в той мере, в какой она вызвана осознанием макроиерархии в живой и биокосной природе, и посвящена эта статья. Заметим, что при такой ограниченной цели подробной экспликации самой проблемы иерархии (см., например, [37, 34]) не потребуется. Пока достаточно сказать, что схема общей биологии как «слоеного пирога» (рис., *А*) [17] предполагает иерархическую развертку (рис., *Б*). Первый принципиально важный вопрос относительно иерархической схемы состоит в том, есть ли в ней какой-либо «главный», «центральный» уровень организации (некий универсальный «кирпичик»), знание которого представляло бы истинно «глубинное» знание, или же такого центра в ней нет и понятие «научная глубина» может быть отнесено ко всем уровням организации? От ответа на этот вопрос зависит широта понимания и общей биологии, и общей биохимии, и то, какие вопросы считаются в них наиболее важными в научном и практическом отношениях.

## 1. ОТ МОНОЦЕНТРИЗМА К ПОЛИЦЕНТРИЗМУ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ

На ранних этапах биологии весь иерархический ряд не был, конечно, известен. При отсутствии знаний о клеточном строении и надорганизменных системах идея центрального положения организма была единственно возможной, и, вероятно, в силу очевидности придавать ей особую концептуальную форму было излишним. Когда сложилось представление о виде, возник весьма симптоматичный спор о его реальности: организм и вид оба стали претендовать на центральное положение в качестве биологического объекта. Условность вида означала бы приоритет организма. Но развитие теории эволюции доказало, что вид реален и проблема приоритета усложнилась. Поскольку эволюция, как оказалось, возможна лишь в рамках вида, он и был признан основной единицей эволюции жизни. Отсюда логически следовало, что он же является и центральной структурной единицей, «кирпичом» жизни. Вместе с тем в равном положении «кирпича» жизни оставался и многоклеточный организм, а после изучения его строения — также и клетка. Однако клетка рассматривалась чаще не столько как структурная, сколько как функциональная единица жизни, в которой протекают наиболее важные для жизни в целом биохимические процессы. В учебниках молекулярной биологии и биохимии клетка обычно рассматривается как центральная единица жизни и обмена веществ [5]. В любом случае остается фактом, что сколько-нибудь последовательного и строгого анализа структурного и функционального приоритета среди известных систем не проводилось и в учебниках общей биологии до наших дней сохраняются разные, иногда противоречащие друг другу утверждения на этот счет, а вопрос о приоритете систем обходится. Все это говорит об отсутствии у идеи моноцентризма сколько-нибудь серьезной базы.

Идеи центрального положения организма или клетки, формально обычно не фиксируемые, сопутствовали всей истории изучения этих систем, а впечатляющие успехи их изучения непроизвольно укрепляли идею моноцентризма. Было пройдено несколько уровней «вниз» и венцом движения вглубь клетки стали молекулярная биология и молекулярная генетика. По своему научному уровню они относятся сейчас к наиболее развитым специализирован-

ным областям естествознания. Однако при всем том клеточная и молекулярная биология охватывают лишь часть биологической реальности и не имеют оснований для развития широкой иерархической концепции. Вопросы внутриорганизменной иерархии обсуждались, но в ранг общебиологической проблемы отнюдь не переходили. Между тем считалось почти бесспорным, что знание наиболее «глубинных» молекулярных механизмов в организме, и особенно в клетке, ведет к пониманию некоей «сути жизни», и философы определенно поддерживали такой взгляд. Явно или неявно предполагалось, что понимание внутриклеточной молекулярной организации и динамики, особенно генетической, может оказать наибольшую помощь также и практике. Необходимость знания всех высших уровней организации никем (кроме сторонников Лысенко) не отрицалась. Но полагали, что поскольку «суть жизни» лежит на внутриклеточных уровнях, высшие уровни могут быть вполне удовлетворительно поняты именно на такой основе. Это противоречило, казалось бы, вполне логичному предположению, что на каждом уровне должны работать свои собственные регуляторные механизмы. Не учитывалось, особенно в последние годы (когда для этого уже было достаточно оснований), и то, что молекулярные процессы вовсе не исключительно присущи субклеточным уровням организации. Достаточно сказать, что обмен веществ в биосфере имеет преимущественно молекулярную природу, потому что представляет собой, согласно В. И. Вернадскому, вовлечение рассеянных атомов и молекул в организационный поток жизни. Несмотря на это, молекулярная биология сохранила первоначальную ориентацию, связанную исключительно с организмами, что, однако, никак нельзя поставить ей в вину, поскольку ее область была всегда четко ограничена изучением организмов. Неоправданной представляется лишь классификация такого понимания молекулярных основ жизни как общебиологического и даже философски полного. Верно, что «молекулярная биология имеет определенные преимущества перед другими биологическими науками по глубине обоснования единства органического мира» [3, с. 94], но в том лишь смысле, что она имела возможность сделать свой вклад раньше других разделов биологии. Если же авторы приведенного тезиса имели в виду преимущество, связанное с центральным положением клеточного обмена в общем обмене веществ в живой

природе, то сегодня это уже не бесспорно: внутриклеточная молекулярная динамика представляет собой лишь некоторую часть общей молекулярной динамики, развертывающейся на всех уровнях организации жизни, особенно в биосфере, экосистемах и сообществах организмов. С этой точки зрения внутриклеточная молекулярная биология каких-либо особых познавательных преимуществ, по-видимому, не имеет.

Как уже говорилось, идея центрального положения клетки и многоклеточного организма давно уже дополнилась идеей не менее центрального положения вида (иногда популяции). Но развитие экологии, приведшее на научную сцену ряд макросистем, создало почву для того, что может быть названо [22] «полицентрической» ориентацией. Ее смысл состоит в отказе от идеи какого-либо существенного приоритета среди биологических систем разного уровня организации, в представлении о равноважности систем. Идея полицентризма признана в философской литературе [10, 28] и де-факто составляет значительную часть биологической «идеологии». Это видно из той широкой и нетривиальной проблематики, которая обязана всему ансамблю биологических и биокосных систем: общие вопросы иерархической организации жизни [6, 37], иерархии генетических и физиологических систем [30], иерархия экологических уровней организации и их подразделений [41]. По сути дела рядом с классической схемой, ставящей в центр картины жизни и живой природы клетку, организм и вид, успешно развивается значительно более генерализованная схема, соединяющая в себе и идею эволюции, и идею организации в макромасштабе. Но при всем том общебиологического и историко-биологического анализа создавшейся ситуации нет, хотя речь идет о формировании более современного статуса общей биологии.

Между тем характер практических рекомендаций биологии в области агрономии, медицины и охраны биосферы теснейшим образом зависит от представления живой природы как моноцентрического или полицентрического образования. Из длительного агрономического опыта видно, что на семеноводство и селекцию (внедрение достижений науки через молекулярно-организменные уровни) затрачивается неизмеримо меньше денежных, людских и технических ресурсов, чем на обработку почв, производство и внесение удобрений, орошение, за-

щиту животных и растений от болезней (внедрение достижений науки через экологические уровни организации). Все большее направление средств на туризм, курортно-санаторную профилактику и лечение больного, а не на болезни — практическое преломление полицентрического принципа в здравоохранении. Развитие заповедной охраны природы наряду, а в перспективе быть может и прежде охраны отдельных видов — это не что иное, как отказ от видоцентризма и признание равноважной роли высших уровней организации. Приходится признать, что в большинстве случаев это не столько теоретически сформулированные рекомендации, даваемые практике биологической наукой, сколько наоборот — практические действия, недвусмысленно указывающие общей биологии более целесообразную и современную полицентрическую ориентацию.

Беря в качестве отправной точки отношение биологии к быстро возрастающим запросам социальной жизни, заметим, что длительная и теоретически охраняемая ориентация в основном на низшие уровни организации, понимание молекулярных процессов только как внутриклеточных способствовали определенному диссонансу: главные проблемы человечества связаны сегодня не столько с незнанием биохимических или наследственных механизмов в клетке, не с исчерпанием генетических ресурсов жизни, но прежде всего и чрезвычайно остро с недостатком и возможностью скорого исчерпания ряда важнейших биосферных ресурсов, с неполным знанием их динамики, их способности к восстановлению. Несомненно, что воздействие человека и человечества (последнего — через изменения в биосфере) на клеточные и субклеточные уровни жизни достаточно велико, его дальнейшее усиление опасно и должно тщательно контролироваться. Но в конце концов человек живет не в микро-, а в макросистемах. По входу (пищевым продуктам и сырью) его жизнь и обмен веществ включены в первую очередь в жизнь и обмен веществ биоценозов, экосистем, всей биосферы. В те же макросистемы включаются в первую очередь и продукты жизнедеятельности и технологии. Между тем классическая биохимия — это только биохимия организмов и нижележащих уровней. Не рассматривая (с полным, конечно, правом) обмен надорганизменных систем, биохимия организмов оставляет другим областям знания наиболее актуальные сегодня проблемы

обмена веществ в объектах регионального и глобального масштаба. Отсюда вытекает важное общебиологическое следствие, обычно забываемое: ограничиваясь организменным обменом, классическая биохимия никак не может претендовать на статус общей биохимии.

Сразу же подчеркнем, что сказанное выше отнюдь не умаляет абсолютной ценности биохимических знаний о низших уровнях организации, но лишь показывает, что при реально сложившейся ситуации в биосфере лимитирующими, а значит и равноважными для науки и практики являются сейчас экологические и эколого-биохимические сведения, касающиеся макросистем. Речь идет о нормальном и благоприятном развитии биохимии за пределы, ранее казавшиеся ее естественной границей. Рассмотрим эволюцию биохимических знаний в макроиерархической плоскости несколько более подробно.

## 2. БИОХИМИЯ ОРГАНИЗМОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ОБЩАЯ БИОХИМИЯ

Утверждение, что обмен веществ присущ живой природе в целом и каждому уровню ее организации — биосфере, экосистеме, сообществу, популяции, организму, клетке, сегодня покажется тривиальным. Тем не менее биохимии живых систем, т. е. по сути дела общей биохимии, в настоящее время нет. В руководствах по биохимии нет даже упоминаний о такой возможности. Более того, в учебниках и энциклопедиях нередко можно встретить перечисление частных отраслей биохимии: биохимии бактерий, растений, животных и человека [20]. Отсюда следует (и сообщается в некоторых учебниках), что общая биохимия — это область, объединяющая только эти частные дисциплины.

Положение биохимии организмов как руководящей, а в понимании многих единственно руководящей науки в области обмена веществ подтверждается тем, что слово «биохимия» по традиции часто произносят без добавления (теперь совершенно обязательного): «организменная биохимия» или «биохимия организмов». Между тем отнесение к одному только уровню организма ясно зафиксировано в ее определении: «Биохимия, биологическая химия,— наука, изучающая состав организмов, структуру, свойства и локализацию обнаруживаемых в них соединений, пути и закономерности их образования, последовательность и механизмы превращений, а также их

биологическую и физиологическую роль» [20, с. 1095]. Такое определение достаточно широко. Оно позволило биохимии опускаться по уровням организации «вниз» от целого организма: к клетке, субклеточным, молекулярным структурам. В принципе не было никакого запрета и для движения «вверх», хотя биохимии организмов никак нельзя приписать обязательность перехода на надорганизменные уровни организации. Реальным препятствием для движения биохимии «вверх» было, вероятно, то, что в отличие от организма, где обмен веществ имеет в своей основе разделение функций между различными структурами, организмы в популяции функционально близки между собой (подчеркнем одновременно генетическую гетерогенность организмов популяций: именно благодаря ей существует генетический обмен на том уровне организации, который стал изучаться гораздо раньше других форм обмена в популяциях). Между тем межпопуляционные биохимические связи в биоценозах оказались и значительно более обширными, и более явными. Примерно с пятидесятых годов нашего века они стали исследоваться весьма интенсивно. На основе анализа таких связей — чрезвычайно многообразных и сложных — сформировалась важная ветвь современной экологической биохимии — биохимия наземных [7, 38] и водных [9, 23, 24, 36] сообществ.

Еще более мощными, чем в биоценозах и также вполне доступными для исследования оказались обменные процессы в экосистемах и биосфере. Это в первую очередь — обмен химическими элементами и соединениями между организмами и окружающих их воздушной и водной средами. Биосферный обмен веществ стал предметом биогеохимии [2, 12, 13, 19]. Обмен на более низком уровне — в наземных и водных экосистемах — можно в какой-то мере относить и к области биогеохимии, и к области экологической биохимии; подход последней менее глобален, более богат анализом конкретных обменных процессов, касается функций не всего живого вещества, но отдельных групп организмов.

Наряду с обменом веществ в экосистемах и сообществах постепенно стали обнаруживаться и конкретные механизмы межорганизменного обмена в популяциях, особенно в водной среде [18, 29]. Эта область остается, однако, менее всего изученной.

Общий объем эколого-биохимических исследований и публикаций теперь чрезвычайно велик и соизмерим с

объемом публикаций в области биохимии организменного обмена веществ. Это отнюдь не означает, что экологическая биохимия стала такой же зрелой наукой, как биохимия организмов и клеток. Напротив, ее зрелость далеко еще не наступила. Но ее развитие происходит весьма быстро и потому, что она широко использует принципы и методы биохимии организмов, и потому, что велико ее прикладное значение, и по ряду других причин. Ее прикладные задачи связаны прежде всего с вопросами химического загрязнения среды: оценкой концентраций чрезвычайно разнообразных загрязняющих веществ, оценкой биологического действия загрязнений на организмы, популяции, сообщества и целые экосистемы. Сформировалось в экологической биохимии и направление, изучающее многокомпонентные эколого-биохимические системы.

Очерк специфических проблем экологической биохимии, ее предметных отличий от биохимии организмов и клеток должен быть дополнен хотя бы контурным очерком принципиального сходства обмена таких внешне совершенно разных объектов, как, скажем, клетка и океан. Отметим прежде всего сходство основных этапов развития биохимии этих объектов. В обоих случаях сначала изучалась стационарная структура — химический состав. В обоих случаях за этим последовал анализ частных метаболических процессов (по своей форме совершенно разных в клетке и океане, но имеющих одно и то же содержание — биохимическую трансформацию и транспорт веществ в системе и через ее граничные области, мембраны). В обоих случаях анализ метаболических явлений перешел в синтез метаболических карт и динамических моделей обмена в сложных системах (в экобиохимии [см.: 1, 31, 40]). Использовались, по существу, одни и те же идеи, методы, средства синтеза: в основном идеи химической и биохимической кинетики, принципы камерного обмена, методология математического моделирования и т. п.

Параллельное развитие привело, естественно, и к широкому концептуальному сходству. Приведенное выше определение биохимии организмов по своей сути применимо и к обмену веществ в океане. Существенная (но не принципиальная) разница состоит в том, что в структуре морских экосистем преобладают неорганические вещества и наиболее массовый обмен (как и в биосфере в целом) — это обмен минеральный, тогда как в организме преобладают органические соединения и, естественно, обмен ор-

ганических веществ составляет бо́льшую часть предмета биохимии клетки и организма.

Даже пространственная локализация обменных процессов в океане принципиально аналогична их локализации в клетке. Основные явления происходят на граничных поверхностях, образующих в одном случае клеточные, а в другом — экологические мембраны. В клетке — это поверхности цитоплазматических и ядерных структур, в океане — это поверхности раздела воды и атмосферы, воды и дна, воды и берега, воды и взвешенных в ней живых организмов и мертвых частиц. Подобно тому как разветвляются всасывающие структуры и их поверхность в пищеварительной системе организма, организмы в морских экосистемах образуют чрезвычайно разветвленные поверхности, через которые происходит обмен в системе «организмы — вода». Интересно отметить, что граничные явления в клетках и организмах, по-видимому, не рассматривались обобщенно. Масштабы же граничных явлений в океане столь велики, а происходящие у границ раздела процессы столь значительны, что это стало предметом серьезного теоретического обобщения [1, 14].

Столь беглое сопоставление аналогичных аспектов обмена веществ в клетке и океане не представляет, конечно, законченной картины. Оно показывает лишь принципиальную возможность и реальный смысл сравнительной биохимии не только в принятом сейчас смысле (сравнение обмена у разных групп организмов, например, в эволюционном ряду), но и в гораздо более широком ракурсе — в ряду систем.

Обширный спектр интересов в области надорганизменных систем и разнообразие решаемых задач неоднократно побуждали исследователей к обобщению этого материала, формированию общих идей и принципов экологической биохимии [1, 11, 12, 26, 33, 39]. Естественно, что все это новое научное движение, охватывающее к тому же сферу актуальных прикладных задач, неизбежно ведет к более широкому пониманию общей биохимии. В отличие от общей биохимии как изучения обмена веществ у бактерий, растений, животных и человека теперь приходится понимать под этим изучение обмена веществ в биологических и биокосных системах разного ранга в их иерархическом соподчинении (сектор I — общая биохимия — на рис., *Б*).

Такое понимание не только принципиально возможно, но и подготовлено всем развитием организмен-

ной и экологической биохимии. Формулирование принципиальных основ общей биохимии в иерархическом ракурсе, по-видимому,— дело близкого будущего.

### 3. ФИТОБИОЛОГИЯ И БОТАНИКА. ПРИМЕР ЧАСТНОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

«Фитобиология» — слово, не имеющее хождения в научной литературе, но отражающее вполне реальное, уже существующее знание о структуре и функции (жизни) растений и растительности на всех уровнях биологической и биокосной организации (сектор II — общая фитобиология — на рис., *Б*). В структуре биологии «фитобиология», как мы увидим ниже, не равна ботанике. В принципе она аналогична биохимии живых систем (сектор I — общая биохимия — на том же рис.), о которой говорилось выше.

Ботаника развивалась так, что иерархия жизни растений не сразу отразилась в ней. Сначала она была наукой только о растении. Позже в ней возникло учение о виде, что дало возможность максимально широкого обобщения — синтеза картины мира растений в иерархии таксонов. Одно из наиболее современных изданий, отражающих синтез такого рода,— шеститомник «Жизнь растений» [8].

Но развитие ботаники не остановилось на категории вида. Как ее ответвления появились геоботаника и фитоценология. Тем самым научное движение «снизу вверх» по лестнице биологической иерархии было продолжено. Интересно отметить, что эта часть ботаники, хотя и была упомянута в первом томе, никак не отразилась в вышедших пяти томах упомянутой «Жизни растений», что вполне естественно: синтез в аспекте систематики исключает рассмотрение других уровней организации с равной подробностью.

Дальнейшее движение «вверх» в ботанике было прервано и перешло к экологии. В самом деле, изучение биохимических отношений отдельного растения с минеральными компонентами среды (минеральное питание, включая фотосинтез) вошло в общую ботанику в составе физиологии растений. Но принципиально аналогичный, только более широкий круг вопросов, относящихся к обмену популяций и разных форм растительности с теми же минеральными компонентами среды в экосистемах и

биосфере, отошел к биогеоценологии. К биоценологии отошли связи растений и растительности с бактериями и животными, их популяциями и ценозами. В итоге сейчас нет ни ботанической, ни экологической дисциплины, в которой можно было бы синтезировать все знания о растительной жизни «сверху донизу» (сектор II — общая фитобиология — на рис., *Б*). Иными словами, нельзя создать целостную структурно-функциональную картину крупнейшего природного феномена, важную именно в своей полноте.

Заметим, что именно неполнота иерархического подхода к растению и растительности в ботанике отличает ее от фитобиологии, где феномен растительной жизни принципиально может быть охвачен «снизу доверху» — до биосферы. В этой связи еще раз уместно вернуться к упомянутому многотомнику «Жизнь растений», заметив, что у этого превосходного издания очень неудачное название. Жизнь растений, в том смысле как это понимал К. А. Тимирязев в своей знаменитой книге «Жизнь растения» [21],— это синтез знания прежде всего в плоскости структурно-функциональной, а не таксономической иерархии. Симптоматично, что в предметных указателях к вышедшим пяти томам «Жизнь растений» нет таких понятий, как «жизнь» или «жизнь растений». Нет в них и самого описания жизни растений в том смысле, который был свойствен книге К. А. Тимирязева.

Едва ли можно высказать принципиальные соображения в защиту любого крупного разрыва фитобиологических знаний, хотя бы и исторически сложившегося. Нет, по-видимому, и принципиальных соображений против синтеза как можно более полной картины жизни растений и растительности. Препятствием (непринципиальным) является лишь межпрофессиональная разделенность исследований, различие подходов, методов и т. п. Вероятно, отчасти дело в прецеденте: можно ли продемонстрировать конкретно-научное межпрофессиональное исследование с растениями, нарушающее традиционные границы ботаники или экологии, но вместе с тем достаточно содержательное и практически полезное?

Что касается полезности, то ее не надо доказывать. Объектом прикладной фитокультуры всегда были популяции или фитоценоз. Регуляторы их продукции лежат на всех уровнях организации, включая и высшие, и специалисту по фитокультуре необходимо держать их в ру-

ках. Между тем в руководствах по фотосинтезу и наземных, и водных растений, принадлежащих, как правило, физиологам, регуляция рассматривается обычно на уровнях не выше клеточного, редко приводятся сведения о связи фотосинтеза с макроструктурой растения и совсем не бывает сведений о регуляции фотосинтеза в структуре популяции или фитоценозов (последние данные имеются у экологов, но экологи, со своей стороны, считают элементарной единицей анализа популяцию, реже — целое растение и ниже обычно не спускаются).

В научном отношении интерес представляют конкретные механизмы регуляции структуры и функции и их взаимосвязь друг с другом на разных уровнях организации. Взяв в качестве примера потенциальный фотосинтез (ПФ), можно поставить вопрос о том, как структуры отдельного растения, популяции, фитоценоза обеспечивают ПФ растения и растительности, как структура разных уровней и ПФ изменяются в онтогенезе соответствующих структур, как то и другое изменяется под действием внешних переменных. Перечень основных регуляторов ПФ, никогда не попадающих в поле зрения одновременно, приведен в табл. на с. 334.

В качестве примера иерархического исследования сошлемся на изучение ПФ одного из массовых видов морских низших растений — цистозиры. Она имеет крупные (до 1,2 м) многолетние (до 20 лет) сложно-разветвленные слоевища со сложной иерархической макроструктурой. Ее элементами являются цилиндрические стволики — «оси» 1, 2,3 и 4-го порядков. Со стороны морфологии ПФ слоевища определяется прежде всего соотношением количества осей разных порядков, функциональные свойства которых различны, строго отвечая номеру порядка. ПФ такого крупного и сложного растения с большим диапазоном внутренних различий ПФ трудно определить в эксперименте, а определив, еще труднее причинно объяснить. Гораздо перспективнее рассчитывать ПФ на основе количественных сведений об иерархической структуре слоевища и изменений ПФ «типовых» осей разного порядка. Такие расчеты для слоевищ цистозиры были выполнены [32], а попутно был выявлен ряд закономерностей регуляции ПФ в иерархии.

Определить в эксперименте ПФ целой популяции цистозиры или другого вида с крупными слоевищами практически невозможно. Тем более затруднена интерпрета-

**Основные переменные, регулирующие потенциальный фотосинтез слоевищ на разных уровнях организации**

| Переменные | Уровень организации |
|---|---|
| Содержание хлорофиллов | Клетка, субклеточные структуры |
| Содержание химических элементов | |
| Возраст | Многоклеточный организм |
| Масса тела | |
| Площадь внешней поверхности тела и другие параметры поверхности | |
| Размерно-возрастная структура популяции | Популяция |
| Плотность популяции (концентрация биомассы в воде) | |
| Другие популяционные параметры | |
| Сопутствующие виды и их биологические параметры | Сообщество |
| Объем жизненного пространства | |
| Другие переменные в сообществе | |
| Температура среды | Экосистема |
| Соленость среды | |
| Освещенность | |
| Скорость движения воды | |
| Концентрация химических элементов, используемых для питания | |
| Концентрация водородных ионов | |
| Другие экосистемные переменные | |

ция прямых популяционных измерений (проводимых на видах со слоевищами меньших размеров), так как ПФ популяции зависит от структуры слоевищ и структуры популяции, а то и другое изменяется в онтогенезе и под действием внешних переменных. Практически удобнее и точнее рассчитывать ПФ популяции на основе данных о ее структуре и ПФ слоевищ в размерно-возрастных сериях. Такие расчеты [32, 35] выявляют ряд экологических регуляторов ПФ и позволяют проследить их преемственность в иерархическом ряду — от осевых структур слоевища до популяции и даже фитоценоза, где учитываются также взаимодействия разновидных популяций.

Такой иерархический подход дает целый ряд новых сведений [27], сколько-нибудь полное обсуждение кото-

рых здесь невозможно. Отметим лишь результаты сопоставления регуляторных возможностей ПФ на разных уровнях организации. Прежде всего оказалось, что морфологическая основа ПФ — величина удельной поверхности осевых структур каждого данного класса — отличается весьма большой стабильностью в пределах каждого класса. Она мало зависит от внешних переменных, даже таких сильных, как освещенность, движение воды, концентрация биогенов в воде. Но от внешних переменных сильнее зависит количество «осей» каждого класса в составе ветви — основного фотосинтезирующего органа слоевища. Этим определяется (со стороны морфологии) больший диапазон возможной регуляции ПФ на уровне ветвей. В составе целого слоевища от внешних переменных сильно зависит также количество ветвей разного возраста и типа в составе слоевищ, что определяет еще больший диапазон изменчивости ПФ целых слоевищ. Но еще больше зависит от внешних переменных в экосистеме структура популяции цистозиры, ее размерно-возрастной состав. Это ведет к тому, что диапазон изменения потенциального фотосинтеза популяции, рассчитанный на единицу поверхности дна, оказывается значительно более широким, чем даже на уровне слоевища. В целом сравнение уровней организации по величине ПФ показывает, что структура более «глубинных» уровней организации находится под большим контролем внутренних факторов, а структура «верхних» уровней (популяция и тем более фитоценоз) почти целиком контролируется внешними переменными, входящими в сообщество и экосистему. В принципе такой вывод не является неожиданным; ценной представляется не качественная его формулировка, а количественные оценки регуляторного потенциала ПФ, которые появляются в результате такой работы. Они показывают, в частности, каким могло бы быть оптимальное распределение усилий при культивировании растений с целью получения органической массы и какие конкретно регуляторы можно использовать в каждом данном случае.

* * *

Эволюция знания не часто рассматривается самими биологами в качестве фактора, существенно влияющего на статус, проблематику, конкретные частные задачи и прикладные выходы биологии текущего дня. В историче-

ском времени наиболее существенным можно считать очень медленный и не всегда явно выраженный, а потому нередко ускользающий от внимания переход от нескольких альтернативных моноцентрических идей к полицентризму. На протяжении последних десятилетий идея полицентризма базируется на распространении биологического знания на низшие и особенно на высшие уровни биологической и биокосной организации. Выявив макроскопическую иерархию систем-уровней, это развитие приводит теперь к совершенно естественному расширению сложившихся ранее и во многом связанных только с организмом и видом понятий «общая биология» и «общая биохимия». Хотя фонд знаний об обмене веществ на разных уровнях организации жизни и биокосной организации уже весьма велик и подвергся обобщению, в соответствующих разделах науки этот факт еще не осознан как крупный шаг в эволюции общей биологии. Не учтен он и в образовательных программах, хотя имеет огромное практическое значение в природопользовании.

Такое положение в общей биохимии не беспрецедентно. В эволюции ботанического знания также отразилось постепенное познание иерархии жизни растений и растительности. Но в какой-то момент движение вдоль фитоиерархии в ботанике прервалось и перешло к экологии, где оно успешно развивалось дальше. В результате феномен растительной жизни в полном его объеме нигде в настоящее время не раскрывается. Существует необходимость (и возможность) преодолеть или смягчить этот разрыв путем проведения межуровневых исследований. Можно думать, что аналогичные возможности появятся и в других областях биологии, где явления традиционно изучаются на разных уровнях организации (вертикальные столбцы на рис., *Б*).

Остается добавить, что общая биология, общая биохимия или общая фитобиология — слишком сложные явления, чтобы одному автору с одной точки зрения можно было сколько-нибудь полно и непротиворечиво отразить происходящие в них крупномасштабные изменения. В истории биологии, излагаемой по традиции «дисциплинарно» [10], новые разделы биологии находят объективное отражение. Выявляются при этом и междисциплинарные явления среднего масштаба. Однако приходит время рассматривать междисциплинарные явления — по существу становление парадигм в биологии — в макромасштабе.

Междисциплинарный синтез уже стал предметом специального и плодотворного исследования [16]. Вероятно, в этой области, где граничат интересы биологов, историков биологии, методологов, можно ожидать интенсивного и содержательного развития.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Айзатуллин Т. А., Лебедев В. Л.* Океан как глобальная система.— В кн.: Физическая география Мирового океана. Л.: Наука, 1980, с. 283—312.
2. *Базилевич Н. И.* Биодинамика органического вещества почв.— В кн.: Тр. X Междунар. конгр. почвоведов. М.: Наука, 1974, т. 4, ч. 1, с. 17—19.
3. *Белозерский А. Н., Карпинская Р. С.* Молекулярная биология и эволюционное учение.— В кн.: Взаимодействие методов естественных наук в познании жизни. М.: Наука, 1976, с. 94—108.
4. *Бляхер Л. Я.* Аналитическая и экспериментальная биология.— В кн.: История биологии с начала XX века до наших дней. М.: Наука, 1975, с. 314—333.
5. *Бреслер С. Е.* Введение в молекулярную биологию. Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 517 с.
6. *Гробстайн К.* Стратегия жизни. М.: Мир, 1968. 143 с.
7. *Гродзинский А. М.* Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев: Наук. думка, 1965. 205 с.
8. Жизнь растений. М.: Просвещение, 1974—1980. Т. 1—5.
9. *Зеликман Э. А.* Нейтрофические регуляторные взаимоотношения у морских беспозвоночных.— В кн.: Биология океана. М.: Наука, 1977, т. 2, с. 23—33. (Океанология).
10. История биологии с древнейших времен до начала XX века. М.: Наука, 1972. 563 с.
11. *Карпинская Р. С.* Биология и мировоззрение. М.: Мысль, 1980. 206 с.
12. *Ковальский В. В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 298 с.
13. *Ковда В. А.* Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком. М.: Наука, 1975. 211 с.
14. *Лапо А. В.* Следы былых биосфер. М.: Знание, 1979. 171 с.
15. *Лебедев В. Л., Айзатуллин Т А., Хайлов К. М.* Океан: Активные поверхности и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 191 с.
16. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980. 303 с.
17. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
18. *Пястолова О. А.* Экологический анализ эффекта групп у амфибий: Автореф. дис. д-ра биол. наук. Свердловск, 1980. 32 с.
19. *Свирежев Ю. М., Тарко А. М.* О глобальном биогеохимическом цикле углерода.— В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1978, т. 1, с. 107—120.
20. *Северин С. Е.* Биохимия.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 1, 1970, с. 369—373.
21. *Тимирязев К. А.* Жизнь растения.— Избр. соч. М.: Сельхозгиз, 1949, т. 3, с. 11—321.

22. *Хайлов К. М.* Системы и систематизация в биологии.— В кн.: Проблемы методологии системного исследования. М.: Мысль, 1970, с. 127—145.
23. *Хайлов К. М.* Экологический метаболизм в море. Киев: Наук. думка, 1971. 252 с.
24. *Хайлов К. М.* Трофодинамика и биохимия в эволюции морской экологии.— В кн.: Биохимическая трофодинамика в морских прибрежных экосистемах. Киев: Наук. думка, 1974, с. 3—13.
25. *Хайлов К. М.* Биохимия моря: развитие, состояние, общие прикладные задачи.— Биология моря, 1981, № 2, с. 3—14.
26. *Хайлов К. М., Айзатуллин Т. А.* Комментарий к развитию экологической биохимии.— Экология, 1976, № 4, с. 5—13.
27. *Хайлов К. М., Парчевский В. П., Фирсов Ю. К., Гречина А. С.* Многомерное описание онтогенеза.— Журн. общ. биологии, 1981, т. 42, с. 868—881.
28. *Хон Г. Н., Щуков В. А.* Проблема исходных принципов в построении теоретического знания в биологии.— В кн.: Биология и современное научное познание. М.: Наука, 1980, с. 88—102.
29. *Шварц С. С.* Проблемы химической экологии.— Тр. Ин-та экологии растений и животных, 1969, вып. 65, с. 18—26.
30. Ayala F. J., Dobzhansky Th. (Eds.) / Studies in the Philosophy of Biology. Berkeley: Univ. of California Press, 1974.
31. *Finn J. T.*— J. Theor. Biol., 1976, N 56, p. 363—380.
32. *Firsov Yu. K., Khailov K. M.* Botanica Marina, 1979, N 22, p. 333—345.
33. *Gymer R. G.* Chemistry. An Ecological Approach. N. Y.— L.: Harper and Row, 1973.
34. Halfon E. (Ed.) / Theoretical Systems Ecology. Advances and Case Studies. N. Y.: Acad. Press, 1979.
35. *Khailov K. M.* Botanica Marina, 1979, N 22, p. 299—311.
36. *Lucas C. E.* In: Oceanography. Washington: AAS, 1961, p. 123—132.
37. Patee H. H. (Ed.) / Hierarchy Theory. The Challenge of Complex Systems. N. Y.: 1973.
38. *Rice E. L.* Allelopathy. N. Y.: Acad. Press, 1974.
39. Sondheimer E., Simeone J. B. (Ed.) / Chemical Econology. Lectures. N. Y.:— L.: Acad. Press, 1970.
40. *Valella I., Teal J. M., Volkman S.* Limnol. and Ocean., 1978, N 23, p. 798—812.
41. *Webster J. H.* In: Theoretical Systems Ecology. Advances and Case Studies. N. Y.: Acad. Press, 1979, p. 119—131.

# КОММУНИКАЦИЯ У ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ФАКТОР СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА И РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ

Э. А. ЗЕЛИКМАН

## ВВЕДЕНИЕ

Популяции и особи распределены в любом водном сообществе неравномерно, формируя более или менее стойкие совокупности различного ранга и типа — например, гемипопуляции, скопления, агрегации, стаи и т. п. Кажущаяся непредсказуемость и вместе с тем распространенность этого явления заставляют гидробиологов ломать голову над проблемой сравнимости ловов и изобретать все более сложные математические подходы для модельного описания в сообществе таких совокупностей. Во всех описаниях молчаливо принимают, что члены совокупности не взаимодействуют непосредственно между собой, а лишь случайно сталкиваются [15, p. 292, p. 283]. Однако накопленный к настоящему времени полевой и экспериментальный материал по водным беспозвоночным позволяет, по нашему мнению, рассмотреть организацию сообщества как целого с позиции признания активности контактов. Этот подход, достаточно оправдавший себя при анализе пространственного распределения позвоночных и насекомых, неявно табуирован, как только дело касается так называемых «низших» животных. Ниже мы попытаемся показать, что анализ контактов возможен и плодотворен и на уровне водных многоклеточных.

Контакты осуществляются через коммуникацию[1]. Каждый вид имеет некую внутреннюю модель окружающего данный вид «мира», «микрокосмоса», его опознавательную карту. Посмотрим, возможна ли в принципе активность контактов и какую роль может играть коммуникация на знаковом уровне.

Влияние контакта на коммуникацию особи зависит от того, как это событие отражено в ощущениях индивиду-

[1] В данном случае под коммуникацией понимаются нетрофические отношения, возникающие при контакте особей.

ума и от соответствия раздражителя способу кодирования своего микрокосмоса. «Вчера» и «сегодня» индивидуума многоплановы, и этот опыт организма должен быть вмонтирован в некую иерархичную структуру. Развитие событий на всех уровнях коммуникации определит реальный эпиморфизм структуры — каждому событию на уровне этограммы (целостной картины поведения) соотнесены события на электрохимическом и биохимическом уровнях, т. е., иначе говоря, коммуникативный (или любой иной) уровень можно спроецировать на каждый из остальных для отождествления связи между ними. Подобные представления дают нам основание как для рубрикации способов передачи информации, так и для подразделения типов сигналов (знаков).

Информационная семантика позволяет носителю информации пользоваться разными кодами. Коммуникацией при этом явится передача любого знака (символа), исходящего от единицы одного уровня (например, организма, клетки) и вызывающего ответ другой единицы этого или даже другого уровня (например, популяции) [36, с. 115]. Сколь всеобъемлюща коммуникация как одна из форм структурирования сообщества и наряду с этим создания в нем континуальности, видно хотя бы из типологии сигналов [28, 47], соотнесенной с разными уровнями функционирования индивида и сообщества. Полнее коммуникация реализуется в категориях внутривидовых сигналов (см. табл.), межвидовые сигналы чаще характеризуют односторонние, негативные контакты, кроме случаев тесных ассоциаций, подобных, например, взаимоотношениям на коралловом рифе.

Какие свойства может иметь отправляемое животным «сообщение» независимо от морфофизиологической организации «отправителя»? Заметим, что зависимость от уровня организации возникает, и то не всегда, лишь для комбинации синхронно распознаваемых стимулов (например, визуальных, тактильных, ольфакторных), но содержание сообщения может оказаться сложным и у так называемых низкоорганизованных животных. Прежде всего содержание должно быть закодировано в форме, адекватно распознаваемой и «отправителем», и «получателем». Многообразие сигналов (знаков) подразделяют [40] на 4 типа с разными семантическими компонентами: 1) идентифицирующие сигналы указывают получателю на присутствие, видовую и половую принадлежность отправите-

**Типология коммуникативных сигналов (знаков)**

| Категории сигналов | Поле приложения сигнала |
|---|---|
| I. Организменные | Физиология индивида |
| II. Межиндивидуальные | |
| А. Межвидовые | Хищничество и уход от него, территориальность (внутри сообщества), паразитизм, симбиоз, мутуализм, образование смешанных скоплений или стай |
| Б. Внутривидовые | |
| 1) Половое поведение | Привлечение, ухаживание, спаривание, становление иерархии, конспецифичная территориальность |
| 2) Неполовое поведение | |
| а) индивидуальное | Свободная двигательная активность, территориальность |
| б) групповое | Образование стай или групп, семейные группировки, интеграция и разделение функций в колонии |
| в) характеризующие среду для конспецифичного соседа | Информация о пище, местоположении дома, сигнал тревоги |

ля; 2) предупреждающие сигналы говорят о готовности отправителя к контакту (они также могут обозначать и ситуацию: обладание территорией, присутствие пищи, врага и т. п.); 3) оценочные сигналы заставляют получателя реагировать на определенный знак из числа нескольких, присутствующих в данный момент; 4) предписывающие сигналы понуждают получателя выбрать из своего поведенческого репертуара специфические последовательности действий. Под знаком для каждого биологического вида мы подразумеваем формант, объем и роль которого в «диалоге» между животными исследователю в каждом случае надлежит определить.

В экологии и этологии каждого вида существуют идентичные задачи независимо от того, принадлежит ли этот вид позвоночным или беспозвоночным животным. Адекватным средством решения этих задач во многих случаях служит коммуникация. Поэтому можно построить тезаурус «сообщений» животных, применимый и к вод-

ным беспозвоночным, который представляет собой следующую систему знаков:

а) *«Я»*[2] *есть на этом месте.* Семантика знака: 1) отпугнуть врага или конспецифичного соседа; 2) привлечь соседа либо особь другого пола; 3) защитить или привлечь молодь. Знак «а» зачастую не адресован персонифицированному получателю, и наличие ответа как результата сообщения стохастично. Наиболее сложные формы сообщения типа «Я есть» связаны с обязательностью ответа и обычно включают также информацию о том, «каков Я»;

б) *«Каков Я».* Семантика знака: 1) по физическим параметрам — объем, вес, характер поверхности и т. п.; 2) возраст, пол; физиологическое состояние; готовность к некоему определенному поведенческому акту; «активен — пассивен» ли в этот момент отправитель. Высказывание типа «б» часто тесно переплетается со знаком типа «Я хочу»;

в) *«Я хочу».* Семантика знака: 1) принять в группу, войти в группу, при этом подчинить (подчиниться); 2) отпугнуть, не преследуя, или отогнать, уничтожить; 3) перемещаться; 4) поднять тревогу, вызвав бегство сородичей или поиск ими убежища; 5) информировать о состоянии среды.

Сообщения типа «в» наиболее сложные, зачастую предполагают адресованность поведения и чаще реализуются в диалоге животных. Не следует только думать, что посылка сигнала беспозвоночным направлена на конечное действие (завершающий акт). Употребление знака беспозвоночным проецируется не на сам конечный объект, а на каждый очередной раздражитель в последовательной цепи релизеров (пусковых механизмов).

Взаимодействия беспозвоночных, провоцируемые их коммуникативными знаками, отражают события реального мира, свойственного жизненной форме данного вида. Способ передачи сообщения определен типом спонтанной активности. Вероятно, количество передаваемой информации и ее сложность не зависят, во всяком случае линейно, от канала связи. Что касается информативной емко-

[2] Данное словоупотребление не означает отчуждения «Я» в нервной системе животного. В данном случае речь идет о некоем свойстве объекта, которое опознается другим объектом, отнюдь не будучи обязательно осознанно вычлененным отправителем у себя.

сти, то примитивность «языка» водных беспозвоночных лишь кажущаяся, на чем мы подробнее остановимся ниже.

Форма и содержание сигнала могут быть объектом естественного отбора в той же мере, как и другие аспекты жизнедеятельности животного. Вариабельность одних сигналов (как и поведенческих актов) и строгая стереотипия других могут зависеть от эффекта данных сигналов для популяции (а также от места конкретного коммуникативного акта в сцеплении актов, определяющих форму поведения: обычно более жестко фиксировано последнее место в сцеплении). Таким образом, например, семантика сигналов при копулятивном поведении строже фиксирована в этограмме, нежели при поисковом половом поведении.

При онтогенетическом рассмотрении коммуникации можно сказать, что наследуется совокупность определенных программ коммуницирования. С этой точки зрения врожденные компоненты коммуникации можно назвать спонтанной частью программы. Она не может быть целиком изменена особью в зависимости от следствий предшествующего акта, ее составляющие не могут быть переставлены или реорганизованы. Эта часть программы заранее задана, но и она вариабельна хотя бы в том смысле, что одни и те же движения можно получить раздражением разных полей в нервной системе. Абсолютного автоматизма в выполнении коммуникативных программ нет — они не выполняются, пока не обнаружены требуемые для их реализации экзо- и эндогенные условия,— и тогда программу «включает» так называемый врожденный высвобождающий (пусковой) механизм. Коммуникативная пусковая ситуация зачастую содержит комплекс ключевых раздражителей. Этот комплекс, видимо, сводится к восприятию отдельных, конкретных, физически и/или химически опробуемых параметров и их соотношений. Оценивающие механизмы в нервной системе животного сопоставляют ощущения от поступающих раздражителей с шаблоном, фиксированной программой действий. Не исключено, что программа коммуникации допускает и некие степени свободы, а фиксировано лишь обобщенное решение с возможными побочными вариантами реализации.

Естественно, радикального отделения коммуникативных актов от других элементов этограммы нет. Поэтому так важно наличие явления, которое позволительно на-

звать контекстом, и уверенность исследователя, что он имел дело с диалогом, т. е. с ситуацией, когда употребление знака детерминировано участниками. Как контекст можно трактовать периодические и непериодические изменения фона спонтанных импульсов в центральной нервной системе, предшествующие или статистически сопутствующие передаче информации [42], или совокупное возбуждение нескольких рецепторных систем, анализирующих аспекты знака или группы знаков [24]. Спонтанная электрическая активность нервной ткани меняется в зависимости от событий во внешней среде, и каждый специализированный рецептор вносит в картину электрической активности нечто свое. Видимо, для опознания образа знака центральная нервная система сличает характеристику, «узор» приходящих от рецепторов сигналов (за единицу времени или по какой-нибудь иной шкале отсчета) — с «узором» фоновых сигналов центрального происхождения. Результат этого сличения представляет собой отфильтрованный от шума раздражитель, к которому организм чувствителен. Контекст модифицирует значение сигнала; к тому же, контекст отправителя и получателя разный, ибо изменения спонтанного фона отражают как индивидуальное время особи, ее биологические «вчера» и «сегодня», так и флуктуации среды. Роль предшествующего состояния особи видна на примере изменения длительности периода тонической неподвижности у краба Callinectes sapidus. Иммобилизация краба, рассматриваемая как реакция на стресс и следующая за показом крабу самого себя в зеркале, удлиняется, если перед предъявлением изображения «противника» краб был потревожен [32].

## СПОСОБЫ КОММУНИКАЦИИ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Беспозвоночные снабжены многими органами для продуцирования и восприятия сигналов. Классификация способов общения по сенсорным путям передачи информации вычленяет химический, вибротактильный, оптический и акустический каналы. Прогресс знаковой сигнализации зависит от развития обратной связи, когда получение сигнала обязательно стимулирует или прекращает реакцию. Этот обмен знаками осуществляется как химическим путем, так и с помощью: а) биолюминесценции, б) двигательной активности, связанной с перемещением в пространстве или с изменением формы всего тела или его

органов (движения клешней, игл и т. д.), в) испускания звуков путем трения специализированных выростов или стука о субстрат. Разновидность последней формы передачи сигнала — вибрация, создающая колебания воды определенной частоты и амплитуды. Следует, возможно, выделить «электрохимический» канал и миоэпителиальную передачу импульса, функционирующие как интегративная система при разделении «обязанностей» между членами колонии у кишечнополостных. Такое разделение каналов передачи информации условно, ибо животное чаще всего отвечает на комбинацию стимулов, предусматривающих синхронное включение разных рецепторов. Случаи, когда животное всегда использует единственный канал информации, если и имеют место, то относятся к вторично упрощенным жизненным формам (животным, прикрепленным к субстрату в течение всей жизни, эндопаразитам).

*Хеморецепторный тип коммуникации.* Несомненно, обмен информацией у простейших предшествовал становлению многоклеточности. У многоклеточных интериоризованная коммуникация должна была являться хемосенсорной [1]. Общение эволюционно реализовалось благодаря двум морфофизиологическим преобразованиям — экстернализации рецептора и выделения гормона наружу у отправителя и у получателя информации. Иначе говоря, химические релизеры, по-видимому, эволюционно первичны. Такие релизеры называют феромонами, если адресат сигнала конспецифичен, и алломонами, если это особи другого вида. Бóльшая, чем в случаях использования других каналов, континуальность химической знаковой системы — свидетельство ее гормонального происхождения, ее древности и всеобщности. Феромонная система, конечно, первична по отношению к более дискретному языку ритуализированного поведения.

Наиболее частый этологический аспект хеморецепции — это опознание пригодности объекта: привлечение/ /отпугивание, необходимое для формирования агрегаций, выбор местообитания, где уже поселились «свои», нахождение полового партнера, опознание животного комменсалами и мутуалистами как пригодного местообитания, возвращение домой («homing») по следам сородичей. Дабы убедиться, имеем ли мы дело именно с коммуникацией химической природы, необходимо отличать, является ли выделение химического реагента постоянным свойством

объекта, или этот объект испускает реагент (сигнал) лишь в контексте определенной ситуации. Хемосенсорный регистр допускает синхронное сосуществование иерархии сигналов на клеточном, организменном и популяционном уровнях.

Наиболее изучены половые феромоны. Способы их функционирования и степень избирательности мишени различны. Иногда особь выделяет в воду видоспецифичное вещество, вызывающее, например у полихет, роение особей обоего пола и последующий вымет половых продуктов при наружном оплодотворении. У полихет вещества, выделяемые самками, иногда стимулируют развитие признаков мужского пола, иногда ускоряют выбрасывание спермы. Эволюционно более выгодна возможность привлечения только самцов или только самок своего вида, и в каждом отряде беспозвоночных есть виды, у которых видоспецифичность привлечения полная.

Но все же видоспецифичность многих половых феромонов и феромонов линьки частичная. Половые феромоны оказываются мультифункциональными веществами. У крабов и омаров они биохимически тождественны гормонам линьки (аналог омонимов в языке). Поэтому спаривание у высших ракообразных приурочено к линьке самок, тем более, что у самок в это время мягкая кутикула, и этим же феромоном ингибируется агрессивная реакция самки на приближение самца.

Ярко выражено действие феромонов при формировании агрегаций, когда родительская популяция выделяет реагенты, стимулирующие оседание своих личинок на субстрат вблизи этой популяции [30].

Уже на филогенетическом уровне кораллов и гидрополипов имеется опознание разными колониями и клонами одного вида друг друга, т. е. можно говорить об иммунохимической дифференциации «не-Я»: пример — несовместимость фрагментов одной колонии полипа Podocoryne carnea, росших некоторое время порознь, а потом снова подсаженных друг к другу [14]. Сходный феномен есть, например, в клонах актинии Anthopleura elegantissima, возникающих в результате вегетативного размножения родительских особей. В пределах одного клона реакция на соседа отсутствует, но соприкосновение с особями из других клонов влечет за собой агрессивные демонстрации, причем систематически контактирующие особи мельче, делятся медленнее, гонад не формируют. Это

своего рода «плата» клона за «коммуникационную» защиту от внутривидовой конкуренции [12]. Эта же актиния выделяет феромон тревоги при повреждении ее тела, и другие особи сокращают столон при появлении в воде этого феромона [20], причем тип сокращения специфичен для действия именно этого феромона. Химическое опознание своего рода или вида известно и у гребневиков Beroe, которые никогда не трогают представителей своего рода [43].

При химической коммуникации допустим ряд путей кодирования сигнала: дозировка выделяемого вещества, периодизация его испускания, варьирование длительности каждого периода. Химический сигнал особенно уязвим для помех, связанных с изменением химизма среды, в которой распространяется сигнал, в частности с деятельностью человека (пример: фракции керосина оказались сходны по действию с пищевым аттрактантом для омаров [8]).

Видоспецифичность сигнала и рецептора может быть не меньшей, чем при иных путях коммуникаций, и хемосенсорный знак может закрепляться в долговременной памяти особей. Повторное опознание избранного индивидуума у моногамной креветки Hymenocera picta возможно спустя несколько недель после рассаживания [38, 46]. Хемотактильное опознание партнера со строгим различением индивидуальности имеется и у креветки Stenopus hispidus, узнающей первоначального партнера того же пола и размера даже после 30-дневного пребывания в разных аквариумах. Контакт с любым другим партнером в этой ситуации всегда сводится к драке [22]. Само постоянство пары и персонифицированное распознание партнера говорит о конвергентной эволюции и в семиотических задачах, ведь создание таких постоянных пар — частое явление у высших позвоночных. Можно сказать, что индивидуальное опознание синонимируется с личностью. Животное, как всякая личность, оптимизирует предпочтение чего-либо данной особью. Собственное неназываемое имя животных [37] объединяет те признаки, по которым его опознают другие особи.

*Вибротактильный тип коммуникации.* Вибротактильный способ отправки сигнала обычно основан на восприятии механорецепторами и декодируемых получателем колебаний через твердый и/или жидкий субстрат. Этот способ чаще приводит к диалогу и, как минимум, имеет

характер монолога, изменяющего свойства спонтанной активности соседа [2, 3].

Вибротактильный тип коммуникации особенно распространен у ракообразных. Покровы раков из всех отрядов обильно снабжены механорецепторами. У ряда видов на панцире обнаружены особые шипики, щетинки, эстетаски и пучки сенситивных трубочек. Центральная ось тех и других связана с субинтегументальной тканью. Шипики, видимо, являются рецепторами восприятия гидродинамических изменений, а трубочки — хемосенсиллами [29]. Порядок расположения рецепторов видоспецифичен. Роль вибротактильных стимулов заметно возрастает в коммуникации сидячих форм, а также среди водных и вышедших на сушу ракообразных. Краб Gecarcinus lateralis сообщает о себе, используя вибрацию субстрата [23]. Последовательность импульсов, испускаемых особью, информирует реципиента о поведении донора — угрожающем, сексуальном и т. п. Число и интенсивность импульсов за единицу времени специфичны для каждого типа поведения. «Проигрывая» получателю записанные с помощью специальной аппаратуры последовательности сигналов, можно воспроизвести желательный экспериментатору тип поведения. Характерна значимость вибротактильных стимулов для пещерного рака Munidopsis polymorpha [34], глаза которого редуцированы и отличают лишь свет от тьмы. При столкновении однополых особей возникает реакция агрессии. При встрече самца с только что перелинявшей самкой проявляется поведение узнавания, блокирующее агрессивный ответ: самец машет клешнями из стороны в сторону, продвигаясь к самке, выжидает несколько секунд и снова машет клешнями с определенной частотой. Специфические колебания воды, которые можно имитировать механически, сигнализируют о приближении именно полового партнера.

Тактильная сигнализация важна в организации коллективного перемещения двигающихся цепью лангустов Panulirus argus в период их сезонных миграций [10]. При движении цепочкой (до 65 особей) каждый последующий лангуст постоянно прикасается ветвями антеннул и первыми перейоподами к хвосту предыдущего. Экспериментально доказано, что при таком передвижении лангусты выигрывают в скорости за счет снижения затрат энергии на преодоление трения. Отдыхают лангусты во время миграции тоже коллективно, образуя группы с

другой геометрией построения, но с обязательным соприкосновением антеннул.

Реакция на акустические сигналы — разновидность вибротактильной трансляции. Многие виды раков издают звуки. Амфибиотические крабы Ocypode ceratophthalmus реагировали на щелканье клешни соседа на воздухе на расстоянии до 10 м. Акустический стимул в зависимости от ситуации у краба вызывал либо спонтанную, либо ответную звуковую активность — например, воспроизведение принятого сигнала. Звуки, отпугивая соседей, помогают охране индивидуальной территории [19]. Находящийся в опасности или погибающий лангуст звуком предупреждает об угрозе находящихся вблизи собратьев, тотчас скрывающихся в норах [41]. У чрезвычайно активных ротоногих раков и у полуназемных раков-отшельников вибротактильная трансляция усложняется и передаваемая информация преобразует и поведение при диалоге, и исход внутригрупповых контактов [11, 16, 17, 18].

*Визуально воспринимаемая коммуникация.* От информации, перерабатываемой зрительным анализатором, зависят изменения окраски тела, выбрасывание маскирующего красителя, биолюминесценция, изменения формы тела со специализированной двигательной активностью отдельных органов. Коммуникативная потенция заложена уже в самой последовательности двигательных актов.

Изменения окраски тела особенно выразительны у головоногих моллюсков, где они обеспечиваются миграцией пигмента в особых клетках, покрывающих тело. Иногда окраска включает один цветовой компонент, чаще — комбинацию компонентов, которые либо функционируют совместно, либо исключают друг друга. Самое интересное, однако, состоит в том, что головоногие не различают цвета. Для глядящих друг на друга моллюсков игра цвета сводится к игре светотени. Цветовой сигнал, видимо, несет другую функцию — отпугивания рыб — зрительных хищников и маскировки от них. Изменения окраски могут сопровождаться и особыми движениями частей тела. Семантика таких цветовых сигналов, т. е. контраста яркостей, может изменяться у кальмаров как при разных фазах одного процесса, например ухаживания, так и в зависимости от численности группы [21]. У осьминогов и каракатиц выделяются следующие форманты облика: хроматические, создающие контрасты яркости, тек-

стура кожи, позы тела в целом, движения рук, головы, глаз, мантии, воронки. Все это многообразие знаков обычно предъявляется вместе. Кожа осьминогов отличается анатомически фиксированным чередованием пигментированных и светлых участков. Предполагают, что комбинация этих участков для каждой особи индивидуальна и, вероятно, у головоногих несет семиотическую нагрузку [33]. Для прячущихся, медлительных одиночных охотников — осьминогов и каракатиц — важно обнаружение врага и дорог к убежищу и, следовательно, запоминание ориентиров. Поэтому осьминогам и каракатицам присуща высокая мера различения геометрии объекта наряду с особенно нужной ночью тонкой хемотактильной ориентацией [49]. Кальмарам при их огромной скорости движения важна оперативность переработки информации, и первичная фильтрация информации у них происходит уже непосредственно в зрительном ганглии, а обобщение ее — в остальных отделах мозга. Доминанта зрительного анализатора выражается у головоногих и в максимальном по сравнению с другими водными беспозвоночными развитии оптических долей мозга.

«Световой знак», используемый при зрительной коммуникации, кодируется по частоте и интенсивности вспышек биолюминесценции. Свечение свойственно преимущественно пелагическим или спорадически поднимающимся в толщу воды формам. Многие из них спонтанно (периодически или постоянно) светятся в период размножения. Например, самки полихеты Odontosyllis enopla, поднимаясь к поверхности моря, образуют светящийся рой, привлекающий самцов, и, если самки свечение прекращают, самцы сами сигналят вспышками, после чего самки возобновляют свечение [27]. У светящихся постоянно эвфаузиевых рачков в период размножения изменяется частота световых импульсов [45]. Креветки некоторых видов взаимно распознают пол партнера по расположению фотофоров, т. е. светящихся органов. Кальмар Watasenia scintillans использует во время спаривания специализированные фотофоры [50]. Доказано, что и такие «низкоорганизованные» формы, как гребневики, изменяют характер свечения под влиянием усилившегося свечения потревоженных особей своего вида в соседнем аквариуме [7].

## КОММУНИКАЦИЯ В ГРУППЕ ОСОБЕЙ И РИТУАЛИЗАЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ

Территориальность как одно из выражений интегративных черт поведения индивидуума в популяции и как структурирование сообщества, несомненно, возникла из потребности животного сохранить индивидуальную дистанцию. Сохранение последней помогало стае (группе, популяции) максимально использовать пищевые ресурсы, снизить агрессивность и, соответственно, элиминацию для данной совокупности. У стаи планктонных ракообразных, таких, как мизиды и эвфаузииды, у которых стаи имеют определенную геометрию построения [4, 51], когда поддерживается дистанция между особями, мы видим зачаток территориального поведения в трехмерном пространстве. На глазах у наблюдателя в течение нескольких минут стая эвфаузиид может рассредоточиться, вновь собраться, из эллиптической стать гантелевидной и т. п. Тенденция к структурированию пространства, вероятно, связанная также с эффектами массы и группы, вызывает к жизни более сложные формы коммуникации, связанные с ритуализованным поведением. Это высший «стратегический» уровень нетрофических взаимоотношений.

С возрастанием значимости ритуализованных демонстраций коммуникация усложняется и создаются наиболее индивидуализованные структуры поведения. При становлении иерархии в группе можно наблюдать зачатки (аналогии?) когнитивного аспекта знаковой системы, когда животное «узнает, что можно и чего нельзя» и ведет себя в соответствии с давлением непрямого репрессирующего фактора. Так, при установлении статуса среди посаженных в аквариум раков-отшельников [26] доминирующий самец сразу схватывал симбиотических актиний, предлагаемых одна за другой, продолжая схватывать их и после того, как вся его раковина уже была усажена актиниями. Субдоминантный рак не схватывал актиний даже тогда, когда «ничьи» актинии просто лежали на дне. Когда же доминанта изымали из аквариума, то субдоминант хватал актинию быстрее, чем ранее это делал доминант.

Становлению группового поведения сопутствуют многочленность и формализация (ритуализация) контактов с синхронным использованием всех каналов передачи информации. Появляется кодирование комплекса сигналов в

ответ на комплекс раздражителей. Фиксация территории и (или) местоположения животного в организованной совокупности зависит от цели группирования и общей двигательной активности животного. Так, хотя морские ежи, звезды и голотурии и образуют непериодические скопления, вероятно индуцируемые феромонами, лишь самые подвижные из иглокожих — офиуры — создают постоянно встречающиеся организованные агрегации и фактически устраивают сеть (коллективный фильтр) и лучей многих сотен и даже тысяч офиур. Хотя роли всех особей, видимо, одинаковы, каждая офиура занимает, соблюдая индивидуальную дистанцию, ночью одну и ту же позицию в этой «ловчей сети», а днем — одно и то же убежище [13]. Такая реакция предусматривает узнавание своего «дома» и сородичей и должна запускаться не менее чем двумя комплексами знаков.

Возможно, что вертикальные миграции, совершаемые беспозвоночными в агрегированном состоянии, или непериодические появления одновидовых стай со специфической геометрией, как это описано, например, у Euphausiacea, являются способом социализированного показа («эпидейксис», существование которого предполагали ранее [48]) численности, своего рода самоотсчетом популяции, возникающим в итоге коммуникативного восприятия особями друг друга, когда может меняться либо число созревающих яиц у одной самки, либо число икрометущих самок [6]. Эта гипотеза хорошо объясняет чрезвычайное постоянство числа икринок в 1 м$^3$ (межгодовые колебания максимум в 3—4 раза) воды в период нереста эвфаузиид при колебаниях численности производителей в 2—3 порядка. Такой способ саморегуляции численности следует признать очень эффективным.

Диалог, употребимый и в межвидовых контактах, в конечном итоге служит механизмом, регулирующим рост плодовитости. Так, разные виды раков-отшельников, населяющие один биотоп, конкурируют за раковину — переносное, сменяемое убежище. В ритуализованных схватках за пустую раковину (т. е. при межвидовом разделении территории обитания) фиксируется вид-доминант. Число яиц у самок зависит от размера раковины, и у вида-субдоминанта плодовитость уменьшена, ибо его самки обитают в более мелких раковинах [9]. В случае, когда животные постоянно образуют агрегации, диалог служит и для интеграции скопления [31].

На коммуникацию беспозвоночных, естественно, накладываются ограничители, определяемые свойствами жизненной формы. Животные — прикрепленные и активно движущиеся, стайные и одиночные, всеядные и монофаги и т. д.— каждый имеет свойственный данному способу освоения среды набор знаков.

Морфологические исследования покровов беспозвоночных из разных филетических ветвей, находящихся, казалось бы, на очень различных ступенях организации, позволяют думать, что почти всегда работают две или более системы восприятия информации. У эволюционно процветающих групп морских беспозвоночных (эвритопных, всеядных, подвижных животных) усиливается способность к полиморфному анализу информации с возможной сменой ведущего анализатора в пределах одного типа поведения и тем более со сменой его на разных этапах жизненного цикла, что, как было показано выше, особенно заметно у высших водных беспозвоночных — головоногих моллюсков, ротоногих и десятиногих раков, в особенности раков-отшельников.

Вероятно, богаче знаковые системы тех видов или групп видов, которые многочисленны и заселяют большие пространства или биотопы с разнообразной средой. То, что филогенетическое процветание группы сопряжено с расширением сферы коммуникативных процессов и закреплением диалогизированной формы контакта, особенно заметно там, где многообразие способов кодирования сообщения сопряжено с необходимостью деления территории или ресурсов и связано с установлением иерархичности отношений в группе, т. е. с вовлечением в размножение прежде всего ренродуктивно наиболее ценных самцов. Завершение внутривидовых конфликтов (у видов, лишенных каннибализма) гибелью животного влекло бы за собой избыточную элиминацию. К тому же перенаселенность способствует внутривидовой агрессии. Поэтому адаптивному разделению используемого пространства сопутствует ритуализация, возникающая, вероятно, на фоне усложнения и увеличения объема передаваемой информации. У многих видов крабов, раков-отшельников все агонистические акты коммуникативны, т. е. ответ реципиента зависит от каждого сигнала отправителя [9, 39]. Особенно интересно то, что возникает регистрируемое различие в «личностных» свойствах животного, когда оно становится доминирующей особью. Репертуар элементар-

иых коммуникативных актов у доминирующих самцов разнообразнее, чем у субдоминантов, стратегия ответа респонденту гибче, чем у подчиненной (побеждаемой) особи. Доминантные и субдоминантные особи зачастую различаются не только по итогам агонистических контактов, но и по социальной иерархии, включающей несколько уровней, и специфичной последовательности поведенческих актов [11, 16, 17, 21, 35].

Формы поведения и соответственно знаки могут меняться и без установления иерархии, иногда завися лишь от размера индивидуально используемой (защищаемой) территории, т. е. от населенности биотопа данным видом [17, 25, 44]. Сочетание иерархического и территориального поведения дало виду бо́льшую степень гомеостаза. Роль зрительной коммуникации, а также роль коммуникации комплексной росла по мере занятия видами наземных ниш. Этот процесс хорошо прослежен на крабах. Среди «территориальных» крабов видам, живущим под водой, преимущественно присуща межвидовая конкуренция, полуназемным и наземным формам — внутривидовая. Параллельно росту конкуренции учащались ритуализованные демонстрации. Ритуализация требует более жесткого кодирования сигналов; поэтому движения конечностей животного при агонистических демонстрациях стабильнее, чем движения тех же конечностей при питании и ходьбе. Это показано, например, кинорегистрацией внутривидовых контактов краба [16], когда провоцировали агонистические ответы, предъявляя крабам «модели» сородичей (панцири с ногами, приклеенными в разных позах). Иначе говоря, при агонистическом конфликте животное сличает наблюдаемое поведение оппонента с кодированным стереотипом. Показано, что количество кодированных единиц (знаков) может колебаться не только у разных видов, но также и у особей в зависимости от их иерархического статуса в группе и опыта предшествующих конфликтов. Раки-отшельники, согласно Хазлету, имеют не менее 30 ритуальных демонстраций, употребляемых в разной последовательности, причем на каждую оппонент отвечает определенным образом. У близких симпатричных видов имеются и общие «блоки кодовых знаков», понятные всем особям, что очень интересно, подтверждая роль стабилизирующего отбора и для знаковой коммуникации.

Для оценки содержательности кодовых знаков в коммуникации водных беспозвоночных небесполезно сравнить данные в терминах теории информации. Контакт у ротоногих раков [11] рассмотрен как серия обмена стереотипными последовательными двигательными актами, соотнесенными «высказыванию — ответу». Высказывания делили на «указующие» и «запрещающие» и выяснили, что действия оппонентов детерминированы каждым предшествующим актом. Условная информация, содержащаяся в распределении вероятностей ответных актов, равнялась 2,73 бита; информация, переданная за единичный обмен актами, равнялась 1,82 бита. Скорость передачи варьирует от 0,013 до 5,46 бит/сек. Максимальная величина последней вдвое выше, чем при танцах пчел или перемещениях муравьев, химически метящих путь.

При конфликтах у некоторых раков-отшельников абсолютный объем информации, транслируемой будущим победителем противнику, больше, чем при обратной трансляции, из чего следует, что для особи проигрыш в конфликте сопряжен с бóльшим элементом случайности в выборе знаков, стратегия же победителя основана на более адекватной реакции на демонстрации (знаки) противника [18]. Не исключено, что может иметь место и обратная ситуация, когда побеждает особь с менее стереотипной реакцией на сигналы респондента (как это наблюдается у пауков). Иначе говоря, внутривидовая и межвидовая коммуникации проходят путь от однознаковой (монотонный символ, жесткий знак) к многознаковой системе [37], и этот путь конвергентен в стволе позвоночных и в стволах беспозвоночных.

Примитивность коммуникации водных беспозвоночных по сравнению с позвоночными — не в том, что она содержит меньше кодируемых элементов, нежели коммуникативный обмен высших животных, а, видимо, в отсутствии (или большем отсутствии) нюансов, нетривиальных сочетаний знаков и, быть может, знаков, формирующих понятия. Появление таких нетривиальных сочетаний повлекло бы за собой санкции (по крайней мере в популяционном смысле), так как у беспозвоночных эволюционные тенденции в коммуникации ориентированы прежде всего на процветание популяции, ибо сама по себе функция развития индивидуальности как таковой возникает позже. Это особенно заметно у общественных насекомых. Коммуникативный обмен в любой экологической нише —

одно из самых эффективных средств организации пространства как для популяции в целом, так и для особи. Выигрышем для популяции благодаря существованию коммуникации можно считать, в частности, сохранение как минимум среднего (для данного состояния среды) уровня репродуктивного потенциала. «Нетрофическая составляющая» в организации популяции или сообщества представляется вообще всегда связанной с задачей поддержания или оптимизации репродуктивного потенциала [48, 5]. Коммуникация у беспозвоночных — одно из орудий эволюции, причем механизм его воздействия, вероятно, всегда популяционно опосредован. У беспозвоночных сигнал (знак, сообщение) и его семантика строго обусловлены конкретной, специфичной для каждого вида средой («Вселенной»). Изучение индивидуальной и групповой коммуникации у водных беспозвоночных, менее специализированных, чем общественные насекомые, важно и в эвристическом аспекте. У водных обитателей можно проследить разные этапы отчуждения знака от спонтанного фона. У высших же позвоночных сигнал, может быть, по крайней мере в опыте, почти целиком отъединен от их биологической среды и основан на обучении.

Практический смысл предложенного представления о едином тезаурусе знаковой системы и активной коммуникации у водных беспозвоночных заключается в том, что человек, преобразуя морской шельф и ведя аквакультуру, должен помнить об опасности «зашумления» коммуникативных каналов беспозвоночных. При построении моделей динамики численности, пространственного распределения и борьбы за ресурсы следует помнить, что рост и перемещение популяций лимитируется с помощью коммуникации еще задолго до того, как эта популяция как ресурсы исчерпана. Наконец, имитация специфичных знаков может иметь привлекающий и отпугивающий эффекты.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Боннер Дж.* Гормоны миксомицетов и млекопитающих.— В кн.: Молекулы и клетки. М.: Мир, 1970, вып. 5, с. 166—179.
2. *Виленкин Б. Я., Виленкина М. Н.* Колебания воды, вызванные активностью морских донных беспозвоночных. Докл. АН СССР, 1971, т. 196, № 1, с. 214—216.
3. *Виленкин Б. Я., Заикин А. Н.* Об организации поведения *Balanus improvisus* в популяции (Crustacea: Cirripedia).— В кн.: Вопросы зоопсихологии, этологии и сравнительной психологии. М.: Изд-во МГУ, 1975, с. 41—44.

4. *Зеликман Э. А.* О подъемах к поверхности моря баренцево-морских эвфаузиевых рачков и некоторых чертах их поведения.— В кн.: Гидрологические и гидробиологические особенности прибрежных вод Мурмана. Мурманск: Кол. фил. АН СССР, 1961, с. 136—153.
5. *Зеликман Э. А.* Нетрофические регуляторные взаимоотношения у морских беспозвоночных.— В кн.: Биология океана. М.: Наука, 1977, т. 2, с. 23—34. (Океанология).
6. *Зеликман Э. А., Лукашевич И. П., Дробышева С. С., Дегтерева А. А.* Колебания численности яиц и молоди баренцевоморских эвфаузиевых рачков.— Океанология, 1980, т. 20, вып. 6, с. 1090—1097.
7. *Лабас Ю. А.* Пусковые и регуляторные механизмы ресничного движения гребневика. Статья 1. Координация мерцательного движения с внутриклеточной биолюминисценцией и сокращениями мышц.— Цитология, 1977, т. 19, № 5, с. 514—520.
8. *Atema J., Jacobsen S., Todd J., Boylan D.* The importance of chemical signals in stimulating behaviour of marine organisms: Effects of altered environmental chemistry of animal communication.— In: Bioassay technological and environmental chemistry. Ann Arbor, 1973, p. 177—197.
9. *Bach C., Hazlett B., Rittschof D.* Effect of interspecific competition on fitness of the hermit crab *Clibanarius tricolor.*— Ecology, 1976, vol. 57, N 3, p. 579—586.
10. *Bill R. G., Herrnkind W F.* Drag reduction by formation movement of spiny lobsters.— Science, 1976, vol. 193, N 4258, p. 1146—1148.
11. *Dingle H.* A statistical and information analysis of agressive communication in the mantis shrimp *Gonodactylus bredini* Manning (Crustacea: Stomatopoda).— Anim. Behav., 1969, vol. 17, N 1, p. 115—136.
12. *Francis L.* Social organization within clones of sea anemones *Anthopleura elegantissima.*— Biol. Bull., 1976, vol. 150, N 3, p. 361—376.
13. *Fricke H. W* Behaviour as a part of ecological adaptation.— Helgoländ. Wiss. Meeresuntersuch., 1973, Bd. 24, S. 120—134.
14. *Gallien L.* Relations de reconnaissance et de compatibilité dans les cultures d'explanats de *Podocoryne carnea* Sars (Hydroide gymnoblastique).— C. r. Acad. sci., 1975, vol. D 281, N 5/8, p. 431—434.
15. *Haury L. R., McGowan J. A., Wiebe P. H.* Pattern and processes in the time-space scales of plankton distribution.— In: Spatial pattern in plankton communities. L.: Plenum press, 1978, p. 227—327.
16. *Hazlett B. A.* Responses to agonistic postures by the spider crab *Microphrys bicornutus.*— Mar. Behav. and Physiol., 1972, vol. 1, N 1, p. 85—92.
17. *Hazlett B. A.* Individual distance in the hermit crabs *Clibanarius tricolor* and *Clibanarius antillensis.*— Behaviour, 1975, vol. 52, N 3/4, p. 253—265.
18. *Hazlett B. A., Estabrook G. F.* Examination of agonistic behavior by character analysis. II. Hermit crabs.— Behaviour, 1974, vol. 49, N 1/2, p. 88—110.
19. *Horch K., Salmon M.* Responses of the ghost crab, *Ocypode*, to acoustic stimuli.— Ztschr. Tierpsychol., 1972, Bd. 30, N 1, S. 1—13.

20. *Howe N. R., Sheikh Y. M.* Anthopleurine: A sea anemone alarm pheromone.— Science, 1975, vol. 189, N 4200, p. 386—388.
21. *Hurley A. C.* Mating behaviour of the squid *Loligo opalescens.*— Mar. Behav. and Physiol., 1977, vol. 4, N 3, p. 195—203.
22. *Johnson V. R. Jr.* Individual recognition of the banded shrimp *Stenopus hispidus* (Olivier).— Anim. Behav., 1977, vol. 25, N 2, p. 418—428.
23. *Klaassen F.* Stridulation und kommunikation durch substratschall bei *Gecarcinus lateralis* (Crustacea: Decapoda).— J. Comp. Physiol., 1973, vol. 83, N 1, p. 73—79.
24. *Klopfer P. H., Hatch J. J.* Experimental considerations (in techniques of study of animal communication).— In: Animal communication / Ed. T. A. Sebeok. Bloomington; London: Indiana Univ. press, 1968, p. 31—43.
25. *Lighter F. S.* The social use of space in the Hawaiian ghost crab, *Ocypode ceratophthalmus.*— Pacif. Sci., 1976, vol. 30, N 3, p. 211—212.
26. *Mainardi D., Rossi A. C.* Relations between social status and activity toward the sea anemone *Calliactis parasitica* in the hermit crab *Dardanus arrosor.*— Atti Accad. naz. Lincei. Rend. Cl. sci. fis., mat. e natur., 1969, vol. 47, N 1/2, p. 116—121.
27. *Markert R. E., Markert B. J., Vertrees N. J.* Lunar periodicity in spawning and luminescence in *Odontosyllis enopla* (Polychaeta).— Ecology, 1961, vol. 42, N 2, p. 414—416.
28. *Marler P.* The logical analysis of animal communication.— J. Theor. Biol., 1961, vol. 1, N 3, p. 295—317.
29. *Mauchline J.* The integumental sensilla and glands of pelagic Crustacea.— J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 1977, vol. 57, N 4, p. 973—994.
30. *Meadows P. S., Campbell J. I.* Habitat selection by aquatic invertebrates.— In: Advances in marine biology. L.; N. Y.: Acad. press, 1972, vol. 10, p. 271—383.
31. *Molenock J.* Agonistic interactions of the crab *Petrolisthes* (Crustacea, Anomura).— Ztschr. Tierpsychol., 1976, Bl. 41, N 3, S. 361—367.
32. *O'Brien J., Dunlap W. P.* Tonic immobility in the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun): Its relation to treat of predation.— J. Comp. and Physiol. Psychol., 1975, vol. 89, N 1, p. 86—94.
33. *Packard A., Sanders G. D.* Body patterns of *Octopus vulgaris* and maturation of the response to disturbance.— Anim. Behav., 1972, vol. 19, N 4, p. 780—790.
34. *Parzefall J., Wilkens H.* Zur Ethlogie augenreduzierter Tiere. Untersuchungen an *Munidopsis polymorpha* Koelbel (Anomura, Galatheidae).— Ann. spéléol., 1975, vol. 30, N 2, p. 12—18.
35. *Rubenstein D. I., Hazlett B. A.* Examination of the agonistic behavior of the crayfish *Orconectes virilis* by character analysis.— Behav., 1974, vol. 50, N 3/4, p. 193—216.
36. *Scott J. P.* Observation techniques of study of animal communication.— In: Animal communication. Bloomington; London: Indiana Univ. press, 1968, p. 17—31.
37. *Sebeok T. A.* On chemical signs.— In: Perspectives in zoosemiotics. The Hague; Paris: Mouton, 1972, p. 1—189.
38. *Seibt U.* Mechanismen und sinnesleistungen für den paarzusammenhalt bei der Garnele *Hymenocera picta* Dana.— Ztschr. Tierpsychol., 1974, Bd. 35, N 4, S. 337—351.

39. *Sinclair M. E.* Agonistic behaviour of the stone crab, *Menippe mercenaria* (Say).— Anim. Behav., 1977, vol. 25, N 1, p. 193—207.
40. *Sladen W. J. L.* Animal communication.— In: Biology of populations / Ed. B. K. Sladen, F. B. Bang. N. Y.: Pergamon press, 1969, p. 247—263.
41. *Smale M.* The warning squeak of the Natal rock lobster.— Bull. S. Afr. Assoc. Mar. Biol. Res., 1974, vol. 11, p. 17—19.
42. *Smith W. J.* Message, meaning, and context in ethology.— Amer. Natur., 1965, vol. 99, N 908, p. 405—409.
43. *Swanberg N.* The feeding behavior of *Beroe ovata.*— Mar. Biol., 1974, vol. 24, N 1, p. 69—76.
44. *Swartz R. C.* Agonistic and sexual behavior of the xanthid crab, *Neopanope sayi.*— Chesapeake Sci., 1976, vol. 17, N 1, p. 24—34.
45. *Tett P. B.* On animal cycle of flash-induced luminescence of the euphausiid *Thysanoessa raschii.*— Mar. Biol., 1972, vol. 12, N 4, p. 207—218.
46. *Wasserthal L. T., Seibt U.* Feinstruktur, Funktion und Reinigung der antennalen Sinneshaare der Garnele *Hymenocera picta* (Gnathophyllidae).— Ztschr. Tierpsychol., 1976, Bd. 42, N 2, S. 186—199.
47. *Wenner A. M.* The study of animal communication: An overview.— In: Approaches to animal communication. The Hague; Paris: Mouton, 1969, p. 234—243.
48. *Wynne-Edwards V. C.* Animal dispersion in relation to social behaviour. N. Y.: Hafner Publ. Co, 1962. 653 p.
49. *Young J. Z.* What squids and octopuses tell us about brains and memories: Forty-sixth James Arthur Lecture on the evolution of the human brain. N. Y.: The Amer. Mus. Natur. Hist., 1977, p. 1—27.
50. *Zahl P. A.* Nature night light. Probing the secrets of bioluminescence.— Nat. Geogr. Mag., 1971, vol. 140, N 1, p. 44—69.
51. *Zelickman E. A.* Group orientation in *Neomysis mirabilis* (Mysidacea: Crustacea).— Mar. Biol., 1974, vol. 24, N 3, p. 251—259.

# ОПЫТ СИСТЕМНОГО ИЗУЧЕНИЯ СООБЩЕСТВА ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

Е. П. ТУРПАЕВА

Системное изучение различных сложных объектов или процессов оказалось очень плодотворным для ряда естественнонаучных дисциплин (например, физиологии, этологии, геоботаники). Весьма перспективным представляется применение такого подхода и для биоценологии. Объект биоценологии — биоценоз, или сообщество[1], представляет собой группировку совместно живущих организмов. Состав этих группировок не случаен, а зависит от характера среды и взаимоотношений между организмами. В 1850 г. Ч. Дарвин в своей работе о происхождении видов писал о том, что вследствие постоянного стремления организмов расширять занятую ими территорию возникают многочисленные взаимодействия, которые интегрируются и приобретают закономерный характер. В результате формируется относительно постоянный численный состав тех или иных видов и закономерное повторение определенных сочетаний их [5]. Позднее было установлено, что повторение определенных сочетаний организмов наблюдается в сходных условиях среды. Смена условий по пространству всегда сопровождается коренными изменениями состава флоры и фауны. Изменение условий во времени определяет развитие сообществ (сукцессии) и сезонные изменения их состава, закономерно повторяющиеся на протяжении многих лет. Большинство таких изменений, спровоцированных абиотической средой, осуществляется в результате взаимоотношений между совместно живущими видами. Эти взаимоотношения принято называть биоценотическими связями.

В настоящее время большое внимание уделяется системным исследованиям морских и океанических пелагических сообществ, имеющих большое пространственное протяжение и обширный набор форм, относящихся к нескольким трофическим уровням [4]. Основное внимание при изучении пелагических сообществ уделяется пищевым связям, а именно переносу энергии между трофическими уровнями. Сбор информации для составления моделей

[1] Здесь эти два термина понимаются как синонимы.

производится в длительных экспедициях на многосуточных станциях, что дает возможность проследить пространственно-временны́е изменения системы.

Иначе обстоит дело с исследованием морских и океанических донных сообществ. Несмотря на ясность цели, технические трудности пока исключают длительные наблюдения одних и тех же сообществ в океане. Поэтому в настоящее время практически невозможно получить путем непосредственных наблюдений представление о закономерных изменениях состава донных сообществ, о характере взаимодействия между их видами и оценить важность тех или иных взаимодействий в динамике структуры этих сообществ. Единственными донными сообществами, при исследовании которых в настоящее время можно получить материалы, необходимые для рассмотрения их как системы, являются сообщества, формирующиеся на литорали, в верхней сублиторали и в обрастании [2]. Как правило, все эти сообщества состоят из небольшого числа видов; для них характерна четкая сезонная динамика состава, а кроме того, они сравнительно легко доступны для наблюдений.

В настоящем сообщении сделана попытка проанализировать олигомикстное сообщество обрастания, которое развивается на гидротехнических сооружениях металлургического завода в г. Жданове (Азовское море, Таганрогский залив). В результате длительного изучения этого обрастания, предпринятого для решения чисто практических задач, был собран большой материал, позволивший рассмотреть его как систему биоценотических связей [10].

## ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Исследованное сообщество обрастания зимой состоит из взрослых особей усоногого ракообразного — балянуса (Balanus improvisus), лишенных гидрантов базальных частей колоний гидроида (Perigonimus megas) и взрослых крабов (Rhithropanopeus harrisii). Ранней весной на столонах гидроида появляется колониальная инфузория — сувойка (Zoothamnium sp.). С повышением температуры до 10° и развитием зоопланктона на гидроризе гидроида

[2] Обрастание — сообщество животных и растений, развивающихся на искусственных поверхностях. Доминирующими видами в обрастании всегда бывают прикрепленные формы, среди которых встречаются также и подвижные животные.

появляются питающиеся зооиды — гидранты — и начинается рост молодых побегов, на которых развиваются органы размножения — гонофоры. Когда температура воды поднимается выше 15°, начинается размножение гидроида и оседание на субстрат его личинок. В то же время происходит оседание личинок балянуса. В конце весны на колониях гидроида поселяются голожаберный моллюск Tenellia adspersa и мшанка Boverbancia imbricata. Летом оседают личинки краба, и среди столонов гидроида в массовых количествах появляется его молодь. В конце лета начинается второе (осеннее) оседание личинок гидроида и балянуса. Однако, несмотря на многочисленность личинок, осенняя генерация не дает значительной биомассы, а к зиме сообщество возвращается к своему первоначальному состоянию: крупные балянусы, крупные крабы и с виду безжизненные столоны гидроида.

Таковы сезонные изменения состава исследованного нами сообщества. Сохранение общего характера этих изменений в течение ряда лет свидетельствует о том, что они закономерны. Происходят эти изменения отнюдь не спонтанно. Они всегда бывают спровоцированы какими-то изменениями условий среды, например изменением температуры и солености воды, появлением в планктоне пищи для планктофагов (гидроид, балянус), а также увеличением или уменьшением ее количества; появлением в воде большего или меньшего количества личинок животных, имеющих в онтогенезе планктонную фазу (балянус, краб). Именно среда определяет возможности появления и развития видов в сообществах. Однако развитие прикрепленных форм в первую очередь лимитируется площадью субстрата. Это вынуждает особей, вновь появляющихся в сообществе, вступать в контакт с особями своего вида, которые там уже находятся. Представители разных видов могут мешать друг другу — вытеснять с субстрата, затруднять доступ к пище; или, наоборот, помогать друг другу — предоставлять субстрат, корм, укрытия.

Даже при таком кратком описании сообщества легко различаются три типа процессов, которые можно рассматривать как структурные уровни системы: связи видовых популяций со средой, внутривидовые связи и межвидовые связи. Функционирование этих связей происходит на фоне еще одного уровня — эколого-физиологических особенностей каждого из взаимодействующих видов, которые в данном случае выражаются в специфике их биоэнергети-

ческих характеристик. Ниже мы попытаемся описать наиболее важные связи каждого из этих уровней. Часть связей нам удалось формализовать в виде простых математических соотношений, а часть будет описана словесно. Необходимо отметить, что все исследованные нами связи имеют некоторые общие черты. Это в первую очередь относительно короткое время их функционирования по сравнению со временем функционирования системы. Так же как и системные связи биоценозов суши [7], все связи нашего сообщества оказались не прямолинейными. При изменении физиологического состояния организмов характер процесса их взаимодействия резко меняется.

## ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПОПУЛЯЦИИ

Рассмотрению действия любых связей на популяции разных видов в сообществе должно предшествовать выяснение состояния этих популяций в изолированных условиях. Определить это состояние по эмпирическим материалам практически невозможно, так как в природе виды всегда находятся под влиянием факторов среды, как абиотических, так и биотических. Избежать этого влияния можно только в эксперименте, где подопытные животные бывают изолированы от любых внешних воздействий. По экспериментальным материалам можно определить также и параметры биоэнергетических соотношений, которые затем должны быть положены в основу расчета изменения во времени состояния рассматриваемых популяций и их эколого-физиологических характеристик. Примеры таких соотношений, установленных для доминирующих видов рассматриваемого сообщества, приведены в табл. 1. По этим соотношениям и формуле балансового равенства[3] с учетом численности особей легко рассчитать для каждого момента времени возможные величины биомассы рассматриваемых видов, а также проходящего через них потока энергии. Результаты таких расчетов, подробно изложенные в [12—17], показали, что в условиях избытка пищи и пространства все рассмотренные популяции развиваются очень быстро. Так, например, численность

[3] Формула энергетического баланса животных имеет вид $A=R+P+P_{ex}+P_g$,
где $A$ — ассимилированная пища; ее траты на энергетический обмен ($R$), прирост ($P$), линьку у ракообразных ($P_{ex}$), размножение ($P_g$) в кал/сут.

**Таблица 1**

**Соотношения для расчета энергетического баланса массовых видов сообщества обрастания в изолированных условиях [1]**

| Параметры | Гидроид | Балянус | Тенеллия | Краб |
|---|---|---|---|---|
| Соленостный диапазон нормальной жизнедеятельности, ‰ | 5 — 15 | 8 — 35 | 8 — 35 | 8 — 35 |
| Размерно-весовые соотношения $w$ — мг; $l$ — мм | — | $w = 0{,}08\, l^{3{,}1}$ | $w = 0{,}00855\, l^{2{,}08}$ | $w = 0{,}146\, l^{2{,}88}$ |
| Энергетическая ценность $W$, кал. | $W = 0{,}67\, w$ | $W = 0{,}71\, w$ | $W = 0{,}045\, l^{1{,}9}$ | $W = 0{,}327\, l^{2{,}88}$ |
| Энергетический обмен $R$, кал/сутки | $R = 0{,}0653\, w$ | $R = 0{,}096\, w^{0{,}76}$ | $R = 0{,}793\, w^{0{,}99}$ | $R = 0{,}222\, w^{0{,}78}$ |
| Рост | $w = w_0 e^{c_г t}$<br>$C_г = f(\beta)$<br>$w_0 = 0{,}1$ мг/дм² | $w = w_0 e^{c_б t}$<br>$c_б = f(\alpha)$<br>$w_0 = 0{,}0092$ мг | $l = 0{,}3\, t^{1{,}21}$<br>$2 \leqslant t \leqslant 10$<br>$l_{t=1} = 0{,}45$ мм | $w = \begin{cases} 0{,}74\, t^{1{,}1} \\ 1 \leqslant t \leqslant 15 \\ 0{,}035\, t^{2{,}1} \\ 15 \leqslant t \leqslant 100 \end{cases}$ |
| Линька $P_{ex}$, кал/сутки | — | $P_{ex} = 0{,}05\, W$ | — | $P_{ex} = 13{,}2\%$ от $W$ за межлинечный период |
| Размножение, $P_g$ кал сутки | $P_g = W \cdot N_0 \cdot E \cdot D \cdot 10^{-5}$ | $P_g \approx 0{,}5\, w^{0{,}97}$ | $P_g = 1{,}96 \cdot 10^{-4} l^{5{,}0}$ | — |

[1] Объяснение символов: $\alpha$ и $\beta$ — численность планктона; $C_г$ — удельная скорость роста гидроида; $C_б$ — удельная скорость роста балянуса; $t$ — время, сутки; $N_0$ — число гидрантов на $w_0$ гидроида; $E$ — калорийность одной гонофоры гидроида; $D$ — общее число гонофор.
Подробные сведения и способ расчета приведены в работах [12 — 17].

популяции тенеллии за 40 дней возрастает почти в $10^6$ раз, а величина суточного потока энергии, проходящего через такую популяцию,— в $10^7$ раз. Приблизительно 25% энергии этого потока расходуется на энергетический обмен, а 75% — примерно в равных долях распределяется на процессы роста и размножения. Однако доли суточного потока энергии, затрачиваемые популяцией на рост и размножение, с течением времени колеблются: в интервалах времени 1—7, 14—23 и 34—40 дни большая часть энергии тратится на рост, а в остальное время — на размножение. Эти колебания энергетических затрат связаны с возрастной структурой популяции. Преобладание молоди определяет увеличение доли затрат на рост, преобладание взрослых животных — увеличение затрат на размножение [17].

Другим видам в рассматриваемом сообществе, так же как и тенелии, свойственно интенсивное возрастание во времени численности, биомассы и проходящего через них потока энергии, а также изменение затрат на разные эколого-физиологические процессы по мере формирования популяции.

## СВЯЗИ СО СРЕДОЙ

Из всего разнообразия абиотических факторов среды в море наиболее важными следует признать свет, температуру и соленость. Для животных, развивающихся в обрастании при отсутствии освещения, наиболее важными являются последние два фактора. В настоящее время установлено, что при изменении температуры и солености воды в пределах определенного диапазона (диапазон толерантности) их влияние на популяции оказывается регулирующим; за пределами этого диапазона оба фактора становятся лимитирующими.

На примере рассматриваемого сообщества лимитирующее влияние температуры проявляется очень четко. Так, переход сообщества из зимнего состояния в весеннее (начало весеннего развития гидроида, как уже упоминалось, происходит тогда, когда температура воды поднимается до 10—11°), размножение колоний гидроида и оседание личинок балянуса начинается при температуре 15—16°, появление в сообществе тенеллии отмечено при температуре 18—20°. Установить влияние дальнейшего повышения температуры на жизнедеятельность разных

видов сообщества по имеющимся материалам не представляется возможным. Известно, однако, что повышение температуры в пределах диапазона толерантности способствует некоторому повышению скорости энергетических процессов.

Соленость воды также может лимитировать развитие популяций водных беспозвоночных. Известно, что соленость 4—5 ‰ является солевой границей распространения пресноводной и морской фауны [19]. На примере рассматриваемого сообщества выявить лимитирующее влияние солености не удается. Все обитающие в нем виды имеют широкий диапазон солетолерантности (от 5—8 до 17—20‰ или до океанической солености, табл. 1), а соленость воды в районе исследований во время наших работ изменялась в пределах 5—12‰.

Из биотических факторов среды наиболее важным принято считать пищу. Обеспеченность пищей при прочих благоприятных условиях определяет количественное развитие видов. Чем больше пищи, тем быстрее развиваются популяции животных и тем больших величин достигают их количественные показатели (численность и биомасса). Однако зависимости изменения состояния популяций от степени их обеспеченности пищей не прямолинейны. При необходимости они могут быть выражены более или менее простыми математическими соотношениями. Примером этого могут служить установленные нами зависимости от обеспеченности пищей скорости роста и интенсивности питания у двух прикрепленных форм рассматриваемого сообщества — гидроида и балянуса.

Как и для многих колониальных животных, для перигоимуса характерен экспоненциальный тип весового роста колонии. Величина показателя экспоненты ($C_2$) изменяется в зависимости от численности в планктоне основной пищи гидроида — ракообразного Calanipeda aquae dulcis. В районе наших работ это изменение подчиняется соотношению

$$C_2 = 0{,}1\,\beta^{0{,}471},$$

где $\beta$ — численность калянипеды (тыс. экз.) в 1 м$^3$ воды. Чем быстрее растет колония, тем больше она потребляет пищи и тем больше пищи должна потреблять каждая питающаяся особь (гидрант) этой колонии. Проведенные расчеты показали, что изменение суточного рациона одного гидран-

та $r'$ в зависимости от численности планктона $\beta$ можно описать соотношением

$$r' = r_0'\beta^k,$$

причем оба коэффициента этого соотношения, в свою очередь, изменяются при изменении $\beta$ следующим образом:

$$k = 0{,}26\,\beta^{0{,}21},\ r_0' = 0{,}000016\,e^{-0{,}9971\beta}.$$

Зависимость роста балянусов от обеспеченности пищей несколько сложнее, чем у гидроида. Различаются две основные фазы жизни особей балянусов — фаза роста и фаза размножения. В обоих фазах рост особи балянуса можно описывать экспоненциальными соотношениями [12], коэффициенты которых $C_б$ меняются в зависимости от количества пищи $\alpha$.

В фазе роста $C_б$ (1) изменяется согласно

$$C_б\ (1) — 0{,}076\,\alpha^{0{,}398},$$

а в фазе размножения $C_б$ (2) — согласно

$$C_б\ (2) = 0{,}0028\,\alpha^{0{,}639}.$$

Момент смены коэффициентов уравнения роста $t_k$, в свою очередь, зависит от обеспеченности пищей; он наступает тем позже, чем ниже значение $\alpha$:

$$t_k = 90{,}34\,\alpha^{-0{,}398}.$$

После момента $t_k$ изменяется также и величина $w_0$ (2) — коэффициента уравнения роста фазы размножения

$$w_0\ (2) = 8{,}92\,\alpha^{-0{,}17}.$$

Интенсивность питания балянусов изменяется в зависимости от веса особей по соотношению

$$A = a'w^{b'},$$

где $A$ — ассимилированная пища; $w$ — вес одного экземпляра (сухой); $a'$ и $b'$ — коэффициенты, значения которых возрастают при увеличении $\alpha$ согласно

$$a' = 0{,}109\,\alpha^{0{,}366},\ b' = 0{,}793\,\alpha^{0{,}036}.$$

## ВНУТРИВИДОВЫЕ СВЯЗИ

Как принято считать, стратегия вида заключается в его стремлении к максимальному развитию популяций и произведению максимального количества потомства. При

этом стремлении в результате неограниченного роста популяций может произойти полное истощение ресурсов биотопа и вследствие этого — вымирание животных. В природе, как правило, перенаселения не наблюдается. Все природные популяции защищаются от перенаселения путем регуляции своего развития. Способы, какими производится эта регуляция, весьма разнообразны; как наиболее распространенные можно отметить смертность молоди и взрослых особей, замедление роста, задержку созревания половых продуктов, снижение плодовитости, эмиграцию [9].

В рассматриваемом сообществе обрастания популяции доминирующих видов развиваются неравномерно. Наиболее ярко это проявляется у гидроида, колонии которого в условиях постоянного тока воды образуют сплошной покров толщиной 10—12 см с биомассой 8—9 кг/м$^2$.

Жизненный цикл перигонимуса можно разделить на четыре этапа: I — развитие молодой колонии от первичного полипа до половозрелости; II — размножение части колонии, сформировавшейся во время I этапа, превращение ее в соматическую, рост генеративной части; III — размножение генеративной части, отрыв отнерестившихся и рост новых побегов; IV — постепенная редукция и отрыв генеративной части колонии.

При обычной для данного района численности калянипеды — 40—50 тыс. экз. в 1 м$^3$ — воды колонии гидроида растут очень быстро. Однако в некоторые моменты жизненного цикла их рост замедляется или даже приостанавливается, несмотря на обилие кормового планктона. Так, на I этапе независимо от скорости роста колоний половозрелость наступает в возрасте 19—27 дней. Биомасса гидроида в момент наступления половозрелости в районе наших исследований не превышает 3,5 кг/м$^2$. Это достигается путем торможения роста колоний, которое наступает при биомассе 1,8—2,5 кг/м$^2$ и бывает тем более длительным, чем богаче планктон. Аналогичное торможение роста колоний имеет место также и во время II и III этапов. Во время замедленного роста резко сокращаются энергетические затраты колонии, а следовательно, сокращается и ее рацион. Регуляция интенсивности питания осуществляется путем сокращения числа питающихся гидрантов [16].

В популяции балянуса действие внутривидовых связей сопровождается гибелью части животных и замедлением

роста выживающих особей. Влияние этих связей проявляется тогда, когда численность популяции $N$ экз./дм$^2$ больше $N_к$ — критической численности балянусов, изменяющейся в зависимости от их веса $w$ согласно

$$N_к = 1700w^{-0,486}.$$

Численность балянусов в обрастании определяется количеством осевших личинок. Чем больше личинок, тем выше численность популяции.

Более сложным и пока не поддающимся формализации оказалось влияние внутривидовых связей на популяции двух подвижных форм — тенеллии и краба.

Мелкие (длиной до 5,3 мм) особи тенеллии живут всего 20—25 дней. За этот срок моллюски вырастают и неоднократно нерестятся. Во время нереста тенеллия прикрепляет к столонам гидроида кладки с яйцами, из которых через 4—5 дней выходят молодые моллюски. Тенеллия отличается высокой плодовитостью, и численность ее популяции возрастает очень быстро. При благоприятных условиях потомство одной пары моллюсков за 30 дней может достигнуть величины $6 \cdot 10^5$ экземпляров [17]. В результате этого пищевые ресурсы тенеллии быстро истощаются; ее численность резко снижается за счет гибели и эмиграции моллюсков. При этом на столонах гидроида остаются кладки тенеллии с развивающимися яйцами. За время развития личинок происходит регенерация корма тенеллии — гидрантов и эпибионтов гидроида. Вышедшая из кладок молодь питается сначала эпибионтами гидроида, затем гидрантами, вырастает, размножается, а когда весь корм оказывается съеденным, в свою очередь эмигрирует или погибает, оставив на столонах гидроида свои кладки. Такой цикл повторяется неоднократно, при этом каждый раз популяция теряет то органическое вещество, которое бывает накоплено в ее особях.

Несколько иной характер имеют внутривидовые отношения у краба — животного с относительно продолжительным жизненным циклом. Увеличение численности популяции — ее пополнение молодью — происходит в результате оседания планктонных личинок; снижение численности — в результате гибели крабов из-за недостатка корма, выедания молоди в процессе каннибализма и вытеснения части особей из сообщества [15]. Поскольку краб в данном сообществе врагов не имеет [10], то все процессы, снижающие численность популяции краба,

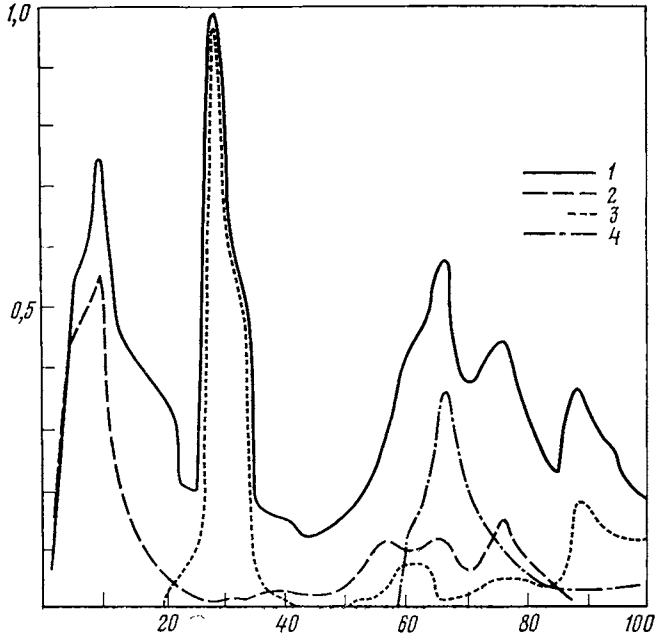



**Рис. 1. Изменение во времени суточных потерь потока энергии ккал/сутки развивающейся популяции краба: общие потери—1, потери размерных групп 1,8 мм—2, 4,2 мм—3, 9,4 мм—4**

можно считать результатом действия внутривидовых связей.

Рассмотрим в качестве примера суточные потери популяции краба. В работе [15] они оценены в единицах численности, биомассы и энергии. Оказалось, что эти потери сильно изменяются во времени; они то увеличиваются, то уменьшаются. За каждое значительное возрастание суточных потерь несет ответственность какая-то одна размерная группа крабов (рис. 1). Разные размерные группы крабов терпят от внутривидовых отношений неодинаковый ущерб (табл. 2). Потери численности наиболее велики у размерной группы 1,8 мм; самые высокие потери биомассы — у размерных групп 4,2 и 9,4 мм; потери потока энерии соответственно у размерных групп — 1,8, 4,2 и 9,4 мм. Такое выделение суммы суточных потерь именно у этих размерных групп представляется не слу-

**Таблица 2**

**Суточные потери модельной популяции Rhithropanopeus harrisii на 1 кг оброста гидроида за 100 дней [1]**

| Показатель | Размерные группы мм | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 5,5 |
| Численность, экз. | 10940 | 3930 | 2140 | 2060 | 290 |
| Биомасса, г | 8,6 | 6,6 | 9,6 | 19,0 | 5,8 |
| Поток энергии, ккал | 9,58 | 4,12 | 3,44 | 8,03 | 1,73 |

| Показатель | Размерные группы, мм | | | Общие потери за 100 дней |
|---|---|---|---|---|
| | 6,9 | 9,4 | 12,7 | |
| Численность, экз. | 200 | 264 | 16 | 19840 |
| Биомасса, г | 7,5 | 24,1 | 0,3 | 81,5 |
| Поток энергии, ккал | 1,78 | 3,93 | 0,04 | 32,65 |

[1] За 100 дней в модельном поселении ритропанопеуса, развивающемся на 1 кг оброста гидроида, появилось 20 250 экз. размером 1,8 мм. К концу модельного времени биомасса этого поселения достигла 35,8 г. Общий поток энергии, прошедший через это поселение за 100 дней, составлял 21,6 ккал, причем 4,5 ккал было использовано дважды в процессе каннибализма [15, 20].

чайным. Смертность самой ранней молоди характерна для всех видов животных. Потери других групп связаны, по всей вероятности, с территориальным поведением, охраной индивидуальных участков и вытеснением части особей из сообщества.

## МЕЖВИДОВЫЕ СВЯЗИ

Из всего разнообразия воздействий, которым подвергаются виды в сообществах, наиболее сложными представляются воздействия со стороны других видов. В течение 100 лет после выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов» ученые неоднократно обращались к вопросу о взаимоотношениях между совместно живущими видами. Составлен ряд классификаций этих взаимоотношений, большинство которых рассматривает только пищевые отношения. Наиболее полную и всеобъемлющую классификацию взаимоотношений видов в сообществах предложил в 1951 г. В. Н. Беклемишев [1].

Все длительные взаимодействия между совместно живущими популяциями разных видов В. Н. Беклемишев назвал симфизиологическими связями[4] и разделил на 4 группы: 1) топические — воздействующие на условия обитания популяций; 2) трофические — связанные с питанием животных; 3) фабрические — возникающие при фабрикации животными своих сооружений (жилищ); 4) форические — возникающие при переносе животными одной популяции особей популяции другого вида.

Симфизиологические связи могут быть двусторонними, если они оказывают влияние на популяции обоих взаимодействующих видов, или односторонними, если влияние оказывается только на один вид. Влияние связи может быть положительным, если оно способствует увеличению численности популяции данного вида, и отрицательным, если оно приводит к понижению численности. Все случаи межвидовой конкуренции рассматриваются как взаимно неблагоприятные связи.

Связи бывают «прямые», если популяция одного вида непосредственно воздействует на популяцию другого вида, и «косвенные», если взаимодействие двух популяций осуществляется через воздействие одного из них на популяцию третьего вида. В прямой связи первый вид, оказывающий воздействие, является кондиционирующим, а второй — зависимым. В косвенной связи различаются виды кондиционирующий, зависимый и модификатор связи, влияющий на степень воздействия кондиционирующего вида на зависимый.

Как правило, взаимодействие между несколькими видовыми популяциями в сообществе бывает многосложным и распадается на ряд отдельных комплексов связей. Связи одного комплекса представляют «ряд сторон единого взаимодействия популяций» [1, с. 94].

Классификация В. Н. Беклемишева была использована нами для рассмотрения характера взаимодействий видов в исследованном сообществе обрастания. Между доминирующими видами этого сообщества было обнаружено свыше 30 прямых и косвенных топических и трофических связей [10]. Здесь мы остановимся на 16 наиболее важных летних связях (рис. 2).

---

[4] Предмет симфизиологии — процессы взаимодействия между организмами и между ними и средой, поддерживающие стабильность существования живого покрова Земли [1].

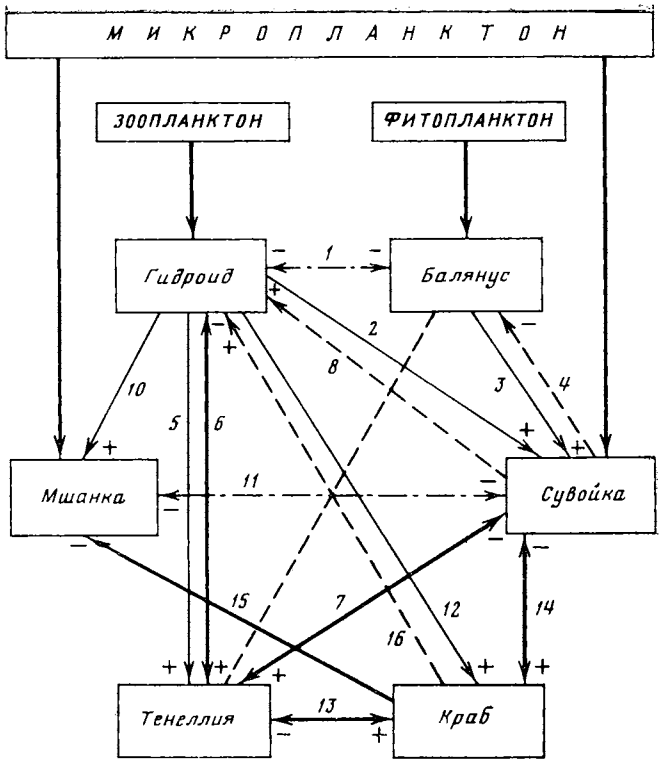



**Рис. 2. Схема симфизиологических связей сообщества обрастания. Стрелками обозначены связи: А — топические прямые, Б — топические косвенные, В — трофические прямые, Г — трофические косвенные**

Доминирующим видом сообщества является гидроид. Второй по массовости вид — балянус. Они развиваются обычно одновременно и, обрастая поверхность субстрата, конкурируют за место: ветвящиеся колонии гидроида образуют густой покров и затрудняют балянусу доступ к пище; растущие особи балянуса вытесняют гидроида с субстрата (связь 1). Когда на столонах гидроида и на домиках балянуса развивается сувойка (связи 2 и 3), угнетение балянусов усиливается (косвенная трофическая связь 4). В июне в сообществе появляется тенеллия. Она живет на столонах гидроида (прямая топическая связь 5) и питается гидроидом и сувойкой (прямые трофиче-

ские связи 6 и 7). Предоставляя корм тенеллии, сувойка защищает гидроида (косвенная трофическая связь 8). Поедая сувойку и гидроида, тенеллия улучшает условия питания балянуса (косвенная трофическая связь 9). В конце июня в сообществе появляется мшанка бовербанкия, которая обрастает столоны гидроида (прямая топическая связь 10) и конкурирует с сувойкой за субстрат (косвенная топическая связь 11). В июле происходит оседание личинок краба, особи которого поселяются на столонах гидроида (прямая топическая связь 12). Молодые крабы очень прожорливы. Они съедают тенеллию и ее кладки, сувойку, мшанку (прямые трофические связи 13, 14, 15), а это, в свою очередь, улучшает условия питания гидроида (косвенная трофическая связь 16).

Описанные связи легко разделить на три комплекса: комплекс связей 1—4 — между гидроидом, балянусом и сувойкой; комплекс связей 5—9 — между тенеллией, гидроидом, сувойкой и балянусом; комплекс связей 12—16 — между крабом и всеми остальными видами сообщества. Роль разных связей в функционировании каждого из этих комплексов неодинакова; при ее рассмотрении легко выделить более или менее важные связи, действие наиболее важных связей определяет функционирование всего комплекса, эти связи мы назовем главными, а связи, возникающие в результате действия главных или как-то изменяющиеся под их влиянием,— подчиненными. Ниже мы рассмотрим характер функционирования главных связей этих комплексов.

Взаимодействие между гидроидом и балянусом представляет собой сложный процесс, характер которого меняется в зависимости от условий среды. Влияние популяции гидроида на популяцию балянуса проявляется в замедлении скорости индивидуального роста особей балянуса и снижении их численности. Сила этого влияния зависит от интенсивности развития гидроида. Гидроид не препятствует оседанию личинок балянуса. Они садятся либо на субстрат, либо на столоны гидроида. Балянусы, осевшие на гидроид, вскоре погибают, а осевшие на субстрат начинают развиваться.

Изменение во времени численности балянусов, образующих на субстрате свободные поселения, определяется биомассой гидроида. Если биомасса гидроида не достигает 6 кг/м$^2$, то численность балянусов практически не меняется. Если биомасса гидроида превышает 6 кг/м$^2$, то

часть балянусов постепенно отмирает. Интенсивность оседания личинок балянусов при достаточной обеспеченности пищей обоих видов в конечном итоге определяет количественный состав сообщества. Слабое оседание личинок балянуса сопровождается развитием гидроида, который угнетает, а частично подавляет рост особей балянуса. При этом скорость роста балянуса оказывается тем ниже, чем быстрее растет гидроид. Интенсивное оседание циприсовидных личинок приводит к развитию многослойных поселений балянусов. В таком поселении балянусы угнетают колонии гидроида, срывая их с поверхности субстрата. Это сопровождается замедлением роста популяции гидроида, которое бывает тем больше, чем быстрее растут балянусы.

Взаимоотношение между тенеллией и гидроидом представляет собой типичный пример отношений между хищником и жертвой. Поедая гидрантов, тенеллия наносит ущерб всей колонии. Ущерб этот весьма значителен: энергия ассимилированной пищи взрослого моллюска составляет 1,04 кал/сутки [17]; за сутки такой моллюск съедает 120—150 гидрантов. Когда объеденные участки колонии покидаются тенеллией, гидранты на них восстанавливаются. Регенерация гидрантов требует от колонии дополнительной затраты энергии. Эти затраты изменяются во времени в зависимости от числа восстановливающихся гидрантов и от стадии их формирования. Изменение количества энергии, расходуемой колонией на регенерацию одного гидранта, может быть описано соотношением

$$v = 0{,}001t^{1{,}77}, \quad 0 < t \leqslant 3,$$

где $v$ — энергетическая ценность одного гидранта, кал.; $t$ — время в сутках.

Энергию для компенсации ущерба, нанесенного тенеллией, колонии гидроида получают за счет различных процессов. В первую очередь у такой колонии снижается степень регуляции питания. Как было отмечено, для взрослых колоний перигонимуса характерно явление отказа от пищи многих гидрантов, что обеспечивает колонии ограничение ее роста. При поражении тенеллией снижаются регуляция питания колоний, их размножение и темп роста. По результатам эксперимента [11] были получены данные об изменении удельной скорости роста гидроида в зависимости от плотности популяции тенеллии. Показателем плотности было принято отношение биомассы гид-

роида к численности тенеллии. Предполагая, что моллюски распределяются по колонии гидроида равномерно, результат этого отношения, выраженный в весовых единицах, можно рассматривать как «охотничий участок» одной особи тенеллии. Сопоставление значений такой «относительной плотности» популяции тенеллии с величинами средней удельной скорости роста гидроида показало, что если участок одного моллюска весил 10 мг и больше, то рост гидроида не подавлялся, если вес участка уменьшался до 6 мг, скорость роста гидроида снижалась приблизительно на 25%; если вес участка уменьшался до 3 мг, то скорость роста гидроида снижалась почти на 75%.

Взаимодействие краба с другими видами по своему характеру также можно отнести к типу взаимоотношений между хищником и жертвой. Однако давление краба как хищника в рассматриваемом сообществе настолько велико, что осцилляций численности жертв, подобному тому, что наблюдается между тенеллией и гидроидом, здесь не обнаружено. Питаясь тенеллией, сувойкой и мшанкой, молодь краба в период ее массового появления в сообществе быстро снижает численность жертв и в дальнейшем уже ие допускает их сколько-нибудь значительного развития. Развитие высокой численности краба сопровождается резкими изменениями силы биоценотических связей, функционирующих до момента его появления в сообществе. Гидроид, освобожденный от тенеллии, угнетающей его рост, и от мшанки, оплетающей его столоны и препятствующей образованию новых ростовых почек, как бы подготавливается крабом к осеннему периоду роста. На столонах гидроида снова появляются гидранты, и при появлении кормового планктона начинается питание и рост колоний.

Основная роль сувойки в настоящем сообществе заключается в обеспечении кормом молоди тенеллии и краба. При интенсивном выедании сувойки численность ее резко снижается, но затем быстро восстанавливается. Изменение во времени численности сувойки можно описать соотношением

$$N = \frac{K}{1 + e^{a - rt}},$$

где $N$ — число особей сувойки на 1 см² поверхности субстрата, $K$ — максимальная численность сувойки, отмеченная в обрастании — 3200 экз/см²; $a$ и $r$ — коэффициенты,

равные соответственно 2,94 и 1,07; $t$ — время, дни. Биомассу популяции сувойки легко определить по ее численности, учитывая, что вес одной особи составляет $1{,}7 \cdot 10^{-7}$ г, а ее энергетическая ценность — $5{,}05 \cdot 10^{-5}$ кал.

* * *

Изучение сообществ водных животных как системы взаимосвязанных элементов открывает новые пути для исследования процесса их функционирования. При этом появляется возможность установить такие параметры системы, которые не поддаются непосредственным измерениям, в частности возможность количественного определения силы взаимодействия между совместно живущими видами и ее изменения во времени. Попытки количественно оценить силу биоценотических связей до последнего времени были исключительно редкими. Сила связей определялась для больших интервалов времени (сезоны, годы), а результаты расчетов выражались в разных единицах (весовых, численных, безразмерных). Только после создания в 1944 г. учения о биологической энергетике [6] и разработке путей его широкого использования [3] стало возможным выражать результаты таких исследований в едином показателе — энергии.

Проведенный анализ системы биоценотических связей в сообществе обрастания позволяет подойти к количественной оценке этих связей. Нам представляется удобным определить силу этих связей для каждых суток их функционирования. Силу связей можно выразить следующим образом: $Z_F = F_i - F_i'$, где $F_i$ — значение любого исследованного показателя состояния популяции, находящейся под воздействием связи; $F'$ — возможные значения этого показателя, какими они могли бы быть, если бы на популяцию не оказывалось воздействия связи. Значения $F_i$ и $F_i'$ могут быть выражены в любых величинах: в численности (число экземпляров), биомассе (вес на единицу площади), энергии (кал. или ккал.); $Z_F$ — сила биоценотической связи, выраженная в тех же единицах.

Для выполнения таких расчетов необходимо построение модели, которая позволит всесторонне исследовать процесс функционирования данного сообщества. При этом следует учитывать сложность непосредственной формализации и математического описания общесистемных ситуаций на базе умозрительного анализа взаимозависи-

мости некоторых событий и явлений. Должен быть избран путь, не требующий составления уравнений относительно всех характеристик системы. Описание схем сопряжения элементов данной системы должно проводиться на основании умозрительного анализа, а конструирование общесистемных ситуаций как взаимообусловленных сочетаний перемещений и скачков состояний элементов должно быть возложено на ЭВМ. Это может быть достигнуто путем построения имитационной модели [2], при реализации которой ЭВМ, конструируя общесистемные ситуации, как бы имитирует явления и события моделируемого процесса. В этом случае совокупность реализации может рассматриваться как статистический материал, получаемый в результате машинных экспериментов, а оценка параметров исследуемой системы — как обработка экспериментальных данных.

Имитационная модель рассматриваемого сообщества была построена М. В. Гальпериным. В основу этой модели были положены представления о характере взаимодействия видов, изложенные выше, и портретные модели массовых видов сообщества, развивающихся в изолированных условиях [12—17]. Модель была реализована на ЭВМ М. В. Гальпериным в ЦВЦ ЦСУ СССР с шагом по времени, равным одним суткам. Соответствие модели сообщества и портретных моделей массовых видов [12—17] природным процессам оценивалось мною путем сопоставления результатов модельных экспериментов с натурными и лабораторными наблюдениями. Адекватность модели сообщества проверялась путем сопоставления характера взаимодействий гидроида с балянусом и тенеллией, оказывающих наиболее существенное влияние на структуру данного сообщества. При этой проверке результаты модельных экспериментов сравнивались с материалами, приведенными в [11, 18].

Гидроид — балянус. На рис. 3 представлено два варианта развития модельных и природных популяций этих видов. В первом варианте расчета моделировалась ситуация, которая наблюдалась в мае 1968 г. [18]. За месяц на пластины, площадью 1 дм$^2$ осело 4,5 тысячи особей балянусов. К концу мая обрастание балянуса имело биомассу около 1,5 г/м$^2$. Биомасса гидроида к этому времени достигла приблизительно 3 кг/м$^2$. Во втором варианте моделировалась ситуация, которая наблюдалась в июне 1969 г. За месяц на экспе-

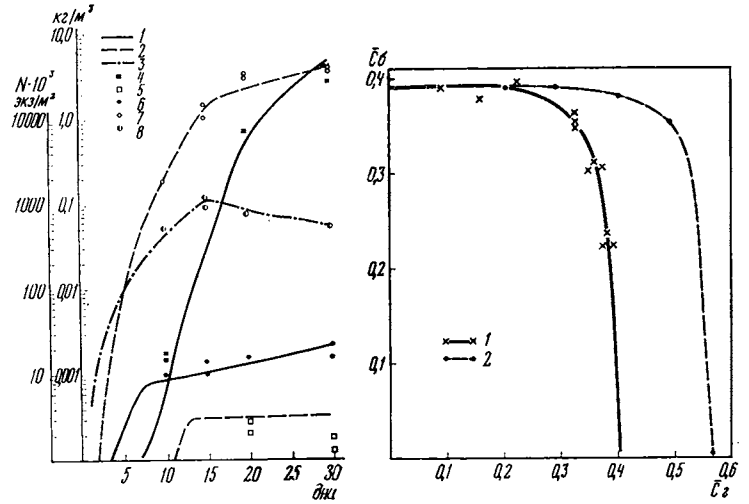



**Рис. 3. Развитие популяций гидроида и балянуса при совместном обитании:**

*1—3* — модельный расчет: *1* — биомасса гидроида, кг/м³; *2* — биомасса балянуса, кг/м²; *3* — численность популяций балянуса, экз./м²; *4—8* — эмпирические данные: *4—5* — обрастание в мае 1968 г.: биомасса гидроида (*4*), биомасса балянуса (*5*); *6—8* — обрастание в июне 1969 г.: биомасса гидроида (*6*), биомасса балянуса (*7*), численность балянуса (*8*)

**Рис. 4. Изменение средней удельной скорости роста балянуса ($\bar{C}_б$) в зависимости от средней скорости роста гидроида ($\bar{C}_г$)**

*1* — по материалам (11), *2* — по результатам модельного эксперимента

риментальные пластины, в пересчете на 1 м², осело почти три миллиона особей балянуса. В конце месяца обрастание балянуса имело биомассу около 3,5 кг/м² при численности около 500 тысяч, а биомасса гидроида составляла всего 2 г/м². На рисунке 3 видно, что результаты модельного эксперимента и данные всех наблюдений в природе достаточно близки. По результатам разных вариантов модельного эксперимента была определена зависимость средней удельной скорости весового роста балянусов ($\bar{C}_б$) от средней удельной скорости весового роста гидроида ($\bar{C}_г$). Сопоставление этих данных и материалов из [11] показывает сходный характер зависимостей изменения $\bar{C}_б$ в обоих экспериментах: при увеличении $\bar{C}_г$ значения $\bar{C}_б$ сначала не меняются, а затем снижаются очень резко

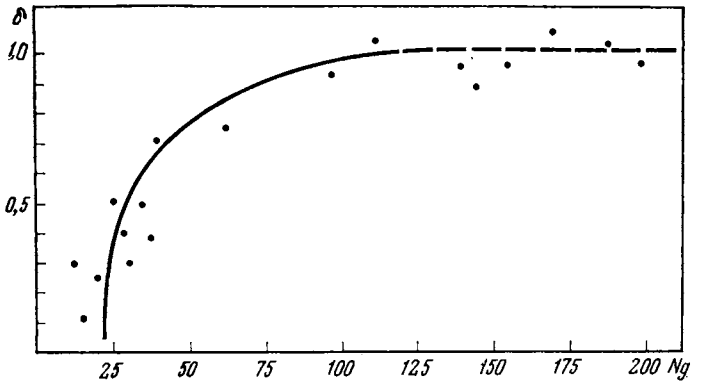



**Рис. 5. Влияние плотности популяции тенеллии на интенсивность питания гидроида (объяснения в тексте)**

(рис. 4). Различия значений $\bar{C}_г$, при которых происходит подавление роста балянусов в лабораторном и машинном эксперименте, связаны, по-видимому, с различной обеспеченностью пищей балянусов. В машинном эксперименте имитируются природные условия, где балянусы обычно лучше обеспечены пищей, чем в условиях лаборатории. Лучшая обеспеченность пищей определяет способность балянусов нормально расти в большем диапазоне изменения $\bar{C}_г$.

Гидроид—тенеллия. Поскольку в модели сообщества тенеллия появляется в 36-й день, определить степень снижения $\bar{C}_г$ под влиянием тенеллии, как это сделано в [11], по результатам модельного эксперимента оказалось невозможным. К этому времени у полностью сформированного гидроида питание колоний уже регулируется и рост колоний задерживается [14, 16]. Поэтому для сравнения влияния тенеллии на состояние гидроида в модельном и лабораторном экспериментах данные [11] были пересчитаны. Плотность популяции тенеллии была выражена средним числом гидрантов, находящихся на участке колонии, занятой одним моллюском, и сопоставлена со степенью снижения рациона колонии δ. Коэффициент δ был определен как отношение теоретически рассчитанного рациона колонии в вариантах эксперимента [11], где была тенеллия, к рациону аналогичных колоний из вариантов, где ее не было. По этим данным был построен график (рис. 5), аналогичный графику в [11, рис. 4]. Для

сравнения с этими данными по материалам всех вариантов модельного расчета также были определены участки колоний гидроида, занимаемые одной половозрелой особью тенеллии. Величины этих участков были выражены числом живых гидрантов. Степень снижения рациона была определена как отношение ассимилированной пищи гидроида в модельном и автономном расчетах. Полученные данные приведены на рис. 5 в виде точек, которые располагаются довольно близко к кривой, построенной по материалам [11]. Точки характеризуют ситуацию в модельном сообществе в те дни, когда повреждающее влияние тенеллии на гидроид так велико, что питание колоний не регулируется. Точек сравнительно немного, так как время существования популяции тенеллии столь высокой плотности всегда очень кратковременно (1—3 дня).

Приведенные материалы полевых и лабораторных экспериментов не использовались при построении модели. Они отражают только конечный результат процесса, протекающего в течение определенного интервала времени. Внутри этого интервала данный процесс может меняться иногда резко, в связи с динамикой оседания личинок, ростом животных, их размножением и гибелью. Полученное здесь сходство эмпирических и модельных результатов свидетельствует об адекватности модели природным процессам. Модель может быть использована для решения вопросов, касающихся влияния биотических и абиотических факторов на развитие видовых популяций, слагающих исследованное сообщество, изменения во времени проходящего через них потока энергии и определения силы биоценотических связей.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Беклемишев В. Н.* О классификации биоценологических (симфизиологических) связей.— В кн.: Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука, 1970, с. 90—138.
2. *Бусленко В. Н.* Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. М.: Наука, 1977. 240 с.
3. *Винберг Г. Г.* Скорость роста и интенсивность обмена у животных.— Успехи соврем. биологии, 1966, т. 61, вып. 2, с. 274—293.
4. *Виноградов М. Е.* Пространственно-динамический аспект существования сообществ пелагиали.— В кн.: Биология океана. М.: Наука, 1977, т. 2, с. 14—22. (Океанология).
5. *Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора. М.; Л.: ОГИЗ. Сельхозгиз, 1937. 605 с.

6. *Ивлев В. С.* Энергетический баланс карпов.— Зоол. журн. 1939, т. 18, вып. 2, с. 303—318.
7. *Куркин К. А.* Системные исследования динамики лугов. М.: Наука, 1976. 284 с.
8. *Малиновский А. А.* Основные понятия и определения теории систем (в связи с приложением теории систем к биологии).— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 78—90.
9. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
10. *Турпаева Е. П.* Система симфизиологических связей в биоценозе морского обрастания.— Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та мор. рыбн. хоз-ва и океанографии, 1972, т. 77, с. 168—185.
11. *Турпаева Е. П.* Опыт исследования относительной интенсивности биоценотических связей методом математического планирования эксперимента.— В кн.: Донная фауна краевых морей СССР. М.: Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, 1976, с. 78—91.
12. *Турпаева Е. П., Гальперин М. В.* Влияние плотности поселения на энергетический баланс усоногого ракообразного Balanus improvisus в Азовском море.— Океанология, 1980, т. 20, вып. 3, с. 525—532.
13. *Турпаева Е. П., Гальперин М. В.* Влияние плотности поселения на поток энергии через популяцию усоногого рачка Balanus improvisus в Азовском море.— Океанология, 1980, т. 20, вып. 4, с. 694—702.
14. *Турпаева Е. П., Гальперин М. В., Симкина Р. Г.* Обеспеченность пищей и поток энергии у половозрелых колоний гидроидного полипа Perigonimus megas Kinne.— Океанология, 1977, т. 17, вып. 6, с. 1090—1101.
15. *Турпаева Е. П., Гальперин М. В., Чугай В. В.* Затраты на элиминацию в развивающейся популяции краба Rhithropanopeus harrisii tridentatus.— Океанология, 1981, т. 21, вып. 6, с. 1084—1091.
16. *Турпаева Е. П., Кеонджян В. П., Симкина Р. Г.* Обеспеченность пищей и поток энергии через растущую популяцию гидроидного полипа Perigonimus megas Kinne.— Океанология, 1976, т. 16, вып. 5, с. 876—882.
17. *Турпаева Е. П., Лебедева Л. П.* Численное моделирование динамики популяции голожаберного моллюска Tenellia adspersa.— Зоол. журн., 1976, т. 55, вып. 10, с. 1437—1443.
18. *Турпаева Е. П., Симкина Р. Г.* Оседание личинок организмов обрастания на гидротехнических сооружениях в Таганрогском заливе Азовского моря. В сб. Биоповреждения материалов и защита от них. М.: Наука, 1978, с. 67—77.
19. *Хлебович В. В.* Критическая соленость биологических процессов. Л.: Наука, 1974, 236 с.
20. *Чугай В. В., Гальперин М. В., Турпаева Е. П.* Поток энергии в популяции краба Rhithropanopeus Harrisii tridentatus.— Океанология, 1981, т. 21, вып. 5, с. 898—902.

# СИСТЕМНО-СЕМИОТИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ КУЛЬТУРЫ

Ш. А. ГУМЕРОВ

Основная задача статьи — рассмотрение теоретической возможности представить всю эмпирически данную культуру социума как системный объект. С решением этой задачи тесно связано выявление основных системообразующих начал в культуре. В данной статье под культурой понимается все множество институционализированных продуктов интеллектуальной и эстетической деятельности. Искусство, литература, религия, наука составляют ядро культуры, и это ядро, как бесспорная часть культуры, и будет в центре нашего внимания.

Общим для самых различных определений системы является признание целостности в качестве атрибутивной характеристики любой системы. В таком случае возникает вопрос: обладает ли целостностью культура? Любой объект исследования, имеющий пограничную линию, отделяющую его от других объектов, обладает по меньшей мере внешней целостностью. Но целостность, задаваемая границей, имеет элементарный характер, ее природа — субстанциональная однородность объекта. Системная целостность обусловлена действием системообразующего механизма, воспроизводящего в условиях непрерывной временно́й текучести основные структурные и функциональные характеристики системы.

При рассмотрении культуры с системных позиций внутри нее обнаруживаются прежде всего определенные «разрывы». Можно констатировать разрыв культуры по эпистемологическому основанию, существенную разницу между науками, изучающими природные феномены, и науками, изучающими в качестве предмета культурную и личностную сферы. Интенсивные споры о двух культурах (естественнонаучной и гуманитарной) представляют собой продолжение этой же темы в наше время, но на ином — публицистическом — уровне. Наличие двух культур означает разрыв целостности культуры. Каждая из них имеет свою территорию, язык, свой этос.

Разделение «двух культур» условно можно представить как горизонтальный разрыв культуры. Не менее глубокий разрыв проходит по ее вертикальной оси. Речь

идет о существовании двух трудно сравнимых уровней культуры: уровня *высокой* (настоящей) культуры, питаемой лучшими образцами культурного опыта человечества, и уровня культуры, заведомо создаваемой для определенного типа потребителя (*квазикультура*). Разница между ними не может быть сведена к степени эстетической ценности их продуктов. Эти культуры прежде всего имеют различную генетическую и эстетическую природу. Высокая культура создается по внутренним законам художественного творчества. Только то может войти в нее и быть значимым, что удовлетворяет высоким эстетическим критериям. Квазикультура с самого начала ориентирована на вкусы и потребности определенного потребителя. Фактически речь идет о двух самостоятельных культурах, каждая из которых имеет свой до известной степени замкнутый контур. У каждой — свои творцы, продукты, потребители.

В социологии культуры имелось немало попыток эмпирически доказать переходимость границы между высокой культурой и квазикультурой. Однако эти выводы доказывают лишь слабость, недостаточную гибкость методов социологии культуры, которая изучает, по существу, лишь поведенческий аспект существования культуры. Грань, резко разводящая людей в их отношении к культурным феноменам, не наблюдаема на внешнем, поведенческом уровне. Принципиально можно говорить о двух типах отношения к ней (прежде всего к искусству): эстетическом и внеэстетическом. *Эстетическое отношение* предполагает восприятие произведения искусства с точки зрения его основных эстетических характеристик (художественно-изобразительные средства, композиция произведения, стиль, индивидуальная авторская манера и принадлежность к определенной художественной школе). В большинстве случаев есть основание говорить о *внеэстетическом отношении* к произведениям искусства, поскольку неподготовленный человек воспринимает главным образом сюжет произведения. Переживание сюжета в литературном произведении и радость узнавания в изобразительном искусстве предметов окружающей действительности характеризуют внехудожественный уровень отношения к продуктам культуры. На эти основные требования ориентируется массовое искусство, в котором повышенное внимание уделяется занимательности сюжета (например, детектив).

Таким образом, в современной культуре явственно обнаруживаются глубокие разрывы. Можно ли в этих условиях говорить о ее целостности?

Системное единство культуры было обосновано с функциональных позиций и весьма обстоятельно Т. Парсонсом. Его теория социального действия представляет собой наиболее обобщенный вариант системного анализа в социологии.

Отправным моментом структурно-функциональной теории Т. Парсонса, вне которой его анализ культурной системы не может быть понят, является различение, проводимое между «индивидом», социальной и культурной системами. Различие социальной и культурной систем связано с тем, что фокусом первой являются условия взаимодействия наличных человеческих существ, составляющих определенные коллективы. Фокус культурной системы составляют «образцы» значений, на основе которых происходят процессы социального взаимодействия [16, с. 20]. Наконец, социальной и культурной системам (как социокультурной сфере) противополагается сфера индивида. Здесь Т. Парсонс различает «поведенческий организм» (категория, сконцентрированная вокруг генетически заданного строения индивида) и систему личности. Эти три системы — социальная, культурная и личностная — образуют систему действия, представляющую собой систему отсчета при изучении социального поведения человека.

Важнейшая категория анализа Т. Парсонса — функция, которую он определяет как «связующее звено между структурными и динамическими аспектами системы» [16, с. 20]. Т. Парсонс выделяет четыре базисных функции: сохранение образца, интеграцию, достижение цели и адаптацию. Благодаря этим функциям глобальная система (общество) обеспечивает свою целостность и сохраняет основные структурные и динамические характеристики. Культурная система выполняет функцию сохранения образца.

В концепции Т. Парсонса структура культурной системы иерархична. Высший уровень составляют ценности. Затем идут нормы. На остальных уровнях расположены соответственно: специальные знания, убеждения, экспрессивные формы (символы). Центральную роль при осуществлении культурной системой функции сохранения образца играют ценности. Интернализация (усвоение) цен-

ностей личностью в процессе социализации обеспечивает сочленение культурной системы с личностной системой. По мнению Т. Парсонса, одним из общих свойств культурной системы является ее способность к кумулятивному развитию. В противном случае она будет не способна выполнять функцию сохранения образца во все более дифференцирующемся обществе — системе, подверженной изменениям, которые не случайно, а вполне направленным образом привносят в один и тот же образец организации все более обширную и сложную совокупность компонентов [17, с. 112].

Изображение целостности культуры с функциональных позиций интересно, но недостаточно, поскольку культура в таком случае выступает лишь как подсистема общества, а ее целостность задается внешне, «контекстуально». Обоснование системного единства культуры может быть полным лишь тогда, когда выявлены ее внутренние системные связи.

В целях обоснования системности культуры обратимся к ее наиболее универсальному аспекту — к семиотической природе культуры.

В обществе даже за сравнительно короткий временной промежуток происходят мириады социальных контактов. Эти межличностные отношения бывают непосредственными (многочисленные формы персонифицированных связей) и опосредованными (эпистолярная деятельность, функционирование средств массовой коммуникации и пр.). Все множество социальных взаимодействий становится возможным благодаря наличию в обществе широкого семиотического поля. Наиболее существенные компоненты его — естественный язык, артефакты культуры, принятые в данном социуме символы (различные системы знаков, включая общезначимые жесты и мимические действия). Посредством семиотического поля все человеческие действия оказываются до известной степени скоординированными и упорядоченными. В семиотическом поле социума специфическое место занимает культура. Как семиотическая система культура наиболее стабильна во времени, сложно структурирована, универсальна (значима для максимально широкого круга людей).

Любой законченный объект культуры представляет собой определенным образом организованную семиотическую систему. Следовательно, любой объект культуры может быть «прочитан», поскольку он по своему генезису

предназначен для этого. Объект, не представляющий собой «открытой» семиотической системы, не являющийся текстом, значимым не только для создателя (автора), но и для других, не является культурным объектом, не принадлежит сфере культуры. Любому культурному объекту присущ свой символический язык. Восприятие культурного объекта есть процесс его десимволизации. Это становится возможным лишь тогда, когда символический язык является доступным как целостная семиотическая система на всех его уровнях (семантическом, синтаксическом, прагматическом). Применительно к произведению искусства это означает умение проникнуть в ту систему изобразительных средств, с помощью которой автор создает художественное произведение.

Однако, что связывает отдельные семиотические системы, конкретные объекты культуры в единую систему культуры? Каковы те «силовые линии», благодаря которым можно говорить о едином поле культуры, несмотря на множественность ее элементов? Эти «силовые линии», эти связи, скрепляющие многочисленные внешне разрозненные элементы культуры в систему, эмпирически ненаблюдаемы. Они доступны лишь аналитическому ви́дению. Единицей культуры, эмпирически доступной человеческому наблюдению в целостности, является объект культуры, обладающий законченной материально выраженной формой (отдельное произведение искусства). Легко понять, почему в 1924 г. молодой М. Бахтин, проявлявший большой интерес к форме литературного произведения, отказывался признать за культурой зримое единство, а видел ее единство в скрытых связях между отдельными явлениями культуры: «Не до́лжно, однако, представлять себе область культуры как некое пространственное целое, имеющее границы, но имеющее и внутреннюю территорию. Внутренней территории у культурной области нет: она вся расположена на границах, границы проходят повсюду через каждый момент ее, систематическое единство культуры уходит в атомы культурной жизни, как солнце отражается в каждой капле ее... В этом смысле мы можем говорить о конкретной систематичности каждого явления культуры, каждого отдельного культурного акта, об его автономной причастности или причастной автономии. Только в этой конкретной систематичности своей, т. е. в непосредственной отнесенности и ориентированности в единстве культуры,

явление перестает быть просто наличным, голым фактом, приобретает значимость, смысл, становится как бы некой монадой, отражающей в себе все и отражаемой во всем» [1, с. 25].

Здесь для нас самым интересным является способ «оправдания» единства культуры. Хотя каждый культурный акт существенно живет на границах: в этом его серьезность и значимость («отвлеченный от границ, он теряет почву, становится пустым, заносчивым, вырождается и умирает»), однако только в едином контексте культуры каждое ее явление «перестает быть наличным, голым фактом, приобретает значимость, смысл». Этот тезис, в котором нетрудно увидеть понимание единства культуры на основе ее семиотической природы, М. Бахтин обосновал своими фундаментальными исследованиями, где он прослеживает глубинные связи и отношения в недрах культуры. Так, М. Бахтин исследует тот скрытый источник в недрах культуры, который одинаково питал творчество Ф. Рабле и Н. Гоголя — писателей, принадлежащих к двум различным эпохам [2].

Такие исследования принципиально возможны благодаря фундаментальному свойству культуры — инвариантности. Речь идет о выявляемых аналитическим путем общих формах и структурах в продуктах культуры, несмотря на исторические и национальные различия, видовую, жанровую и т. п. дифференциацию. В основе инвариантности культуры лежит ее универсальная семиотическая природа. *Единицы культуры* (конкретный эмпирически воспринимаемый ее продукт) представляют собой семиотические системы. Как указывал К. Леви-Стросс: «Знаки и символы могут выполнять свою функцию лишь будучи составными частями систем, управляемых внутренними закономерностями. Поэтому характерной чертой знаковых систем является их трансформабильность, т. е. переводимость на язык других систем с помощью замещений» [15, с. 27]. Единицы культуры представляют собой жестко структурированные системы. Будучи овеществленными продуктами творческой деятельности, они имеют «внутреннюю территорию». Ослабление внутренних связей, устранение даже отдельных элементов ведет, как правило, к нарушению целостности такого объекта.

Выражением системной целостности единицы культуры является форма. Если взять, например, высокооргани-

зованное живописное произведение, то изменение даже деталей может привести к нарушению композиционного единства, а следовательно, потере целостности произведения. Поэтому как семиотические системы отдельные продукты культуры неделимы. Одновременно единицы культуры представляют собой узловые моменты семиотической системы культуры, внутренние системные связи которой выявляются посредством установления инвариантных структур.

Инвариантные семиотические структуры внутренне связывают культуру на самых различных временны́х и пространственных промежутках. Благодаря инвариантности единицы культуры существуют не как отдельные изолированные продукты культурной деятельности, а как взаимопереводимые семиотические образования. В результате культура предстает как система, обладающая внутренним единством, целостностью, несмотря на внешнюю мозаичность.

Недостаточное внимание к семиотической природе искусства, незнание инвариантности его форм нередко приводит к тому, что произведение, созданное на основе наиболее распространенной, господствующей системы изобразительных средств, считается «нормальным», «правильным», а другие рассматриваются как далекие в художественном отношении от «образца». Примеров тому немало в истории живописи. Так, высокохудожественная древнерусская иконопись не воспринималась до конца XIX—начала XX столе́тия русским культурным обществом как замечательное явление живописи. Даже такой глубокий исследователь, как Ф. Буслаев, видел в древней русской иконе высокие образы святости и благочестия, но считал ее в живописном отношении недостаточно совершенной [4]. Это происходило потому, что система живописных изобразительных средств, выработанная мастерами Ренессанса и в XIX столетии ставшая академической, рассматривалась как единственная норма. Только в начале XX столетия, когда благодаря творческой деятельности различных групп и объединений художников была выявлена принципиальная возможность иных изобразительных систем, в другом свете стали воспринимать и древние русские иконы. До этого произведения, не отвечающие канонизированным живописным приемам и представлявшие собой иные семиотические системы, оценивались как художественно неудовлетворительные, несовершенные.

Так было в недавние десятилетия, когда подлинное искусство отождествлялось лишь с произведениями, выполненными с помощью натуралистических приемов. Признание за принципиально различными семиотическими системами культуры права на существование, отказ признать только одну систему нормальной, подлинной основано на представлении о внутреннем единстве культуры, инвариантности ее структур, несмотря на крайнее различие эстетических приемов. Признание равноправия различных семиотических систем ведет к *подлинному* единству культуры на основе богатства и разнообразия форм. В то же время унификация культуры через внедрение одной системы в качестве нормальной, правильной оказывается неорганичной и чревата позднейшим распадом.

Тезис об универсальной инвариантности структур культуры опирается на исследовательский материал, накопленный этнологами, культурантропологами, искусствоведами и представителями многих других дисциплин. В пределах данной статьи может быть использована лишь небольшая часть этого материала.

Прежде всего следует выделить вклад К. Леви-Стросса и его школы в изучение инвариантных структур различных культурных феноменов. Согласно Леви-Строссу, присущие всем людям единые («ментальные») структуры сознания находят выражение в культуре. Отсюда — структурное сходство мифов различных народов, логики обыденного сознания, а также единство законов построения в языках разных народов, не имевших между собою реальных исторических связей, и т. д. Доказательству существования ментальных структур Леви-Стросс посвятил четыре тома исследований, объединенных общим названием «Мифологики» (выходили с 1964 г. по 1971 г.). В центре его исследований — мифология индейцев Тропической Америки. Однако основная концептуальная задача и логика далеко выводят его за рамки первоначально выбранного материала. Свою аналитическую работу сам Леви-Стросс оценивает как восхождение «по спирали». Начиная в качестве точки отсчета с конкретного мифа индейцев племени Бороро в Центральной Бразилии, он устанавливает отношения изоморфизма между различными мифами данной народности. Далее устанавливаются структурные сходства с мифами соседних народностей. Постепенно устанавливаются инвариантные отношения с

мифами, далеко отстоящими от исходного на пространственных и временных осях.

Осуществленное Леви-Строссом исследование дает возможность говорить о системах различных порядков: от системы отдельного мифа до мифологии в целом, которую на основе выявленных структурных инвариантов можно представить как систему. При этом меняются типы связей и характер структуризации «разбегающихся» от первоначального ядра систем (выбор исходного мифа в качестве аналитического ядра сделан исследователем интуитивно). Отдельный миф представляет собой жестко организованную систему. Мифическая структура, не подвергаясь воздействию извне, остается стабильной. Однако возникающее в ней изменение оказывается существенным для всех ее сторон. Поэтому отдельный миф можно, очевидно, рассматривать как единицу культуры (семиотическую систему, упорядоченность и системные связи которой доступны эмпирическому видению). Единицы культуры — отдельные мифы — выступают узловыми моментами более широких систем, внутренние связи которых доступны лишь аналитическому ви́дению.

Инвариантные отношения Леви-Стросс устанавливает не только между мифами в мифологии в целом. В «Увертюре» к первому тому («Сырое и вареное») своего труда «Мифологики» он исследует сходство между музыкой и мифами. «Наш замысел состоит в том, чтобы рассмотреть части каждого мифа и сами мифы во взаимосвязи, и мы сравниваем их с инструментальными партиями музыкального произведения, уподобляя их исследование изучению симфонии. Такой подход правомерен только при наличии изоморфизма между системой мифов, являющейся системой лингвистического порядка, и системой музыки, которую мы считаем языком, поскольку мы его понимаем, но абсолютная оригинальность которого, отличающая его от связной речи, обязана своим происхождением его непереводимости... Иначе говоря, то, что музыка и мифы затрагивают в слушателях,— это общие для них ментальные структуры» [10, с. 43].

По мнению Леви-Стросса, сближение музыки и живописи затруднено объективной причиной — неравнозначностью используемого ими материала. Природа может производить лишь шумы, музыкальные звуки целиком принадлежат сфере культуры. Фактическое затруднение, которое создают певчие птицы, Леви-Стросс устраняет

ссылкой на коммуникативную функцию звуков у птиц (пение служит у них как для выражения, так и для общения, поэтому принадлежит к общественным явлениям). Цвета же во всех оттенках и нюансах присутствуют в природе и только с помощью абстракции могут быть отделены от их естественных субстратов [10, с. 33]. Различие, на которое указывает Леви-Стросс, частично объясняет трудности, возникающие при сближении произведения живописи и музыки.

Принципиальная трудность в выявлении инвариантных отношений между этими сферами культуры заключается не в источнике эмпирического материала, а в существенных различиях в структурировании музыкальных и живописных семиотических систем. Произведения живописи и музыки находятся как бы в разных измерениях. Семиотическая система музыкального произведения строится на временно́й оси, а живописного — на пространственной. Музыкальные системы динамичны, тогда как живописные — статичны. Однако есть основание говорить об инвариантности семиотических систем в музыке и живописи. Эта область еще недостаточно исследована, хотя явление синопсии (ассоциации между зрительными и слуховыми впечатлениями), согласно данным музыкальной этнографии, отмечалось уже в древнем Китае, Индии и в других странах. Художник Н. И. Кульбин в эссе «Цветная музыка» писал в начале нашего века: «Цветной слух замечается преимущественно у лиц, обладающих так называемым «абсолютным слухом» ...Кроме того, цветная музыка встречается у чутких к музыке живописцев-колористов» [9, с. 21].

Еще Ньютон устанавливал соответствия между определенными звуками и цветами. У Н. А. Римского-Корсакова звукоряду устойчиво соответствовали цвета. Известно, что А. Н. Скрябин ввел к партитуру симфонической поэмы «Прометей» строку «Luce» (свет). Инвариантные отношения между музыкальными и живописными семиотическими системами лежат в основе живописно-музыкальных работ М. Чюрлениса (картины «Соната Солнца», «Морская соната»).

Сходство прослеживается и в отношении таких различных феноменов культуры, как риторика и архитектура, несмотря на отличающие их различия композиционно-ритмических принципов организации формы. Если в риторике композиционная ось, как и в музыке, имеет

временну́ю природу, то в архитектуре композиционные оси располагаются в пространстве. Вместе с тем единая семиотическая природа дает ту общую плоскость, на которой произведения риторического и архитектурного искусства могут быть не только сравнены, но и сближены. В частности, исследователи сравнивают архитектурную теорию известного флорентийского зодчего XV в. Л. Б. Альберти и античную теорию риторики. «...Изучение античных теоретиков красноречия оказалось для Альберти особенно плодотворным потому, что его глубоким убеждением оставалось представление о пространственных искусствах как своего рода языке, самом общем, универсальном, заложенном «в самой природе», а потому неизмеримо более общем, чем даже латынь, которая в глазах его времени была самым универсальным «мировым» языком. Именно это представление об архитектуре как одном из видов человеческой речи позволило Альберти поставить выпукло вопрос о социальной природе архитектуры...» [6, с. 91].

В исследовании инвариантных отношений между семиотическими системами — отдельными художественными произведениями — в рамках одного жанра (романа) выдающийся вклад принадлежит М. М. Бахтину. Этот вклад значителен как на уровне предметного исследования глубинных связей и форм народной смеховой культуры, так и на методологическом уровне. В методологическом отношении представляется ценной разработанная М. Бахтиным концепция хронотопа, являющегося важнейшей структурологической категорией анализа [3, с. 235]. Хронотоп дает возможность описывать глубинные структуры художественных произведений, устанавливать между ними скрытые структурноизоморфные отношения, несмотря на видимые сюжетные, национально-исторические, индивидуально-художественные и другие различия.

Внутренние связи науки с другими сферами культуры (особенно с искусством) исследованы весьма неполно. Однако можно определенно говорить о наличии здесь инвариантных отношений. Прежде всего надо указать на то значение, какое имеет в искусстве и науке такой структурный элемент, как симметрия в различных ее видах. Г. Вейль, специально изучавший *симметрию*, в конце своих лекций о симметрии сделал вывод: «Симметрия является обширной темой, имеющей большое значение для искусства и природы. У истоков симметрии

лежит математика; для того чтобы показать, как работает математическое мышление, вряд ли возможно найти что-либо лучшее, чем симметрия» [5, с. 160]. Связь различных принципов пространственных построений в европейской живописи с геометрическими системами прослеживается достаточно четко [11].

Черты древней, органически цельной культуры, из которой вышла современная дифференцированная культура, сохранились в христианском храмовом ритуале. Различные отрасли, связи между которыми существуют в скрытых формах, доступных только аналитическому взгляду, выступают здесь в конкретно-целостном единстве. П. Флоренский обосновал взгляд на храмовое действие как наследие и прямую отрасль античной священной трагедии: искусство огня, запаха, дыма, своеобразной хореографии, проступающей в размеренности церковных движений при входах и выходах священнослужителей, в схождениях и восхождениях ликов [13, с. 32]. К этому следует добавить, что храмовое действие происходит хотя и в реальном, но символически организованном пространстве: внутренние архитектурные формы церковного здания создают образ мироздания, космоса и все вместе — архитектура, фрески, иконостас, многоголосое пение, облачение священнослужителей, запахи елея, мирро и ладана, игра света и тени — образуют органическое единство, сложнейшую систему, составленную из отдельных семиотических систем.

Семиотическая этнология располагает определенными данными, проливающими некоторый свет на генетическую природу указанного вида целостности, который присущ современной культуре (инвариантные системные связи). «Очевидно, что в камлании сибирского или американского индейского шамана (как указывал Веселовский еще в своем анализе медвежьего праздника) пережиточно соединяются те функции, которые в любом европейском обществе разделяются между сферами религии, медицины, танца, драмы и некоторых других видов искусства. Эти этнологические выводы согласуются с гипотезой, по которой развитие знаковых систем, используемых в человеческом обществе, и других систем обмена... осуществляется путем их дифференциации из единой синкретической знаковой системы, совмещающей эти различные функции...» [7, с. 55]. Можно предположить, что древний синкретический обряд, из которого со временем выдели-

лась современная высокодифференцированная культура, является той праструктурой, которая генетически определила основной системный параметр культуры — универсальную структуро-семиотическую инвариантность ее отдельных семиотических систем. Не случайно, слова «культ» и «культура» в русском и ряде европейских языках этимологически связаны.

Таким образом, несмотря на кажущуюся мозаичность, под наружными различиями эпистемологического, эстетического, видового, жанрового и т. п. характера внутри культуры существуют глубокие внутренние связи (инвариантно-структурные отношения), которые дают основание говорить о ее *системном единстве*. Дальнейшие сравнительные семиотические исследования в различных областях культуры призваны укрепить и расширить представление о внутренней целостности современной культуры.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Бахтин М. М.* Проблема содержания, материала и формы в словесном художественном творчестве.— В кн.: Бахтин М. М. Вопросы литературы и эстетики. М.: Сов. писатель, 1975, с. 6—71.
2. *Бахтин М. М.* Рабле и Гоголь.— Там же, с. 485—595.
3. *Бахтин М. М.* Формы времени и хронотопа в романе.— Там же, с. 234—407.
4. *Буслаев Ф.* Общие понятия о русской иконописи. М., 1866. 106 с.
5. *Вейль Г.* Симметрия. М.: Наука, 1968. 192 с.
6. *Зубов В. П.* Архитектурная теория Альберти.— В кн.: Леон Баттиста Альберти. М.: Наука, 1977, с. 50—149.
7. *Иванов В. В.* Очерки по истории семиотики в СССР. М.: Наука, 1976. 303 с.
8. *Кант И.* Критика чистого разума. Соч.: В 6-ти т. М.: Мысль, 1964. Т. 3. 800 с.
9. *Кульбин Н. И.* Цветная музыка.— В кн.: Студия импрессионистов. Б. м., Б. г., кн. 1, с. 18—23.
10. *Леви-Стросс К.* Увертюра. Ч. 2 — В кн.: Семиотика и искусствометрия. М.: Мир, 1972, с. 25—49.
11. *Раушенбах Б. В.* Пространственные построения в живописи. М.: Наука, 1980. 288 с.
12. *Флоренский П. А.* Пифагоровы числа.— В кн.: Тр. по знаковым системам. Тарту: Изд-во Тарт. ун-та, 1971, вып. 5, с. 504—512.
13. *Флоренский П. А.* Храмовое действо как синтез искусств.— Маковец. М.; 1922, № 1, с. 28—32.
14. *Kroeber A., Kluckhon C.* Culture: A critical review of concepts and definitions. N. Y.: Random House, 1963. 436 p.
15. *Lévi-Strauss C.* Anthropologie structurale deux. P.: Plon., 1973.
16. *Parsons T.* The structure and process in modern societies. Glencoe: Free press, 1960. 344 p.
17. *Parsons T.* An outline of social system.— In: Theories of society. Glencoe: Free press, 1961, vol. 1, p. 30—79.

# АВТОРЫ ВЫПУСКА

АНТОНОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ — кандидат философских наук, зав. сектором социолого-демографических исследований экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва)

АФАНАСЬЕВ ВИКТОР ГРИГОРЬЕВИЧ — академик, главный редактор газеты «Правда» (Москва)

БЛАУБЕРГ ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ — кандидат философских наук, зав. лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

БРУСИЛОВСКИЙ ПАВЕЛ МИХАЙЛОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший преподаватель Уфимского авиационного института (Уфа)

ГВИШИАНИ ДЖЕРМЕН МИХАЙЛОВИЧ — академик, заместитель председателя Государственного комитета СССР по науке и технике, директор Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

ГОРОХОВ ВИТАЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ — кандидат философских наук, научный консультант журнала «Вопросы философии» (Москва)

ГУМЕРОВ ШАМИЛЬ АБИЛЬХАИРОВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН ВИКТОР ИВАНОВИЧ — доктор экономических наук, профессор, зав. лабораторией Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР (Москва)

ЕВИН ИГОРЬ АЛЕКСЕЕВИЧ — научный сотрудник Научно-исследовательского института органических полупродуктов и красителей (Москва)

ЗЕЛИКМАН ЭНГЕЛИНА АБРАМОВНА — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова (Москва)

ЗИНЧЕНКО ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ — член-корреспондент АПН СССР, доктор психологических наук, профессор, зав. отделом эргономики Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики ГКНТ, зав. кафедрой психологии труда и инженерной психологии МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва)

КОЧЕТКОВ АНДРЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ — доктор экономических наук, зав. лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

ЛАРИЧЕВ ОЛЕГ ИВАНОВИЧ — доктор технических наук, зав. лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

ЛЕВЧЕНКОВ ВЯЧЕСЛАВ СТЕПАНОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

МИРСКИЙ ЭДУАРД МИХАЙЛОВИЧ — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

МУНИПОВ ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ — кандидат психологических наук, заслуженный работник культуры РСФСР, заместитель директора Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики ГКНТ (Москва)

РАПОПОРТ ВЛАДИМИР САМУИЛОВИЧ — доктор экономических наук, зав. лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

РОЗЕНБЕРГ ГЕННАДИЙ САМУИЛОВИЧ — кандидат биологических наук, научный сотрудник Института биологии Башкирского филиала АН СССР (Уфа)

РЫВКИН АЛЬБЕРТ АНАТОЛЬЕВИЧ — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГНКТ и АН СССР (Москва)

САДОВСКИЙ ВАДИМ НИКОЛАЕВИЧ — доктор философских наук, зав. лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

СЕМЕНОВ ИГОРЬ НИКИТИЧ — кандидат психологических наук, зав. группой методологических проблем Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики ГКНТ (Москва)

ТУРПАЕВА ЕЛЕНА ПЕТРОВНА — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР (Москва)

ФЛЕЙШМАН БЕНЦИОН СЕМЕНОВИЧ — доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР (Москва)

ФРУМКИНА РЕБЕККА МАРКОВНА — доктор филологических наук, старший научный сотрудник Института языкознания АН СССР (Москва)

ХАЙЛОВ КИРИЛЛ МИХАЙЛОВИЧ — доктор биологических наук, старший научный сотрудник Института биологии южных морей АН УССР (Севастополь)

ЭТКИНД АЛЕКСАНДР МАРКОВИЧ — научный сотрудник Ленинградского психоневрологического института им. В. М. Бехтерева (Ленинград)

ЯБЛОНСКИЙ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва)

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5

ОБЩЕМЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Д. М. Гвишиани.** Теоретико-методологические основания системных исследований и разработка проблем глобального развития 7

**В. Г. Афанасьев.** Моделирование как метод исследования социальных систем 26

**И. В. Блауберг, Э. М. Мирский, В. Н. Садовский.** Системный подход и системный анализ 47

**Б. С. Флейшман, П. М. Брусиловский, Г. С. Розенберг.** О методах математического моделирования сложных систем 65

**В. С. Левченков.** Математическая теория систем и игровые задачи 80

**И. А. Евин, А. И. Яблонский.** Модели развития и теория катастроф 98

МЕТОДОЛОГИЯ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**А. В. Кочетков.** Теория и практика развития механизмов социально-экономического управления 131

**В. С. Рапопорт.** Методологические проблемы системного исследования организационно-экономического механизма управления 159

**В. И. Данилов-Данильян, А. А. Рывкин.** Моделирование: системно-методологический аспект 182

**А. И. Антонов.** Системный подход к исследованию народонаселения и рождаемости 210

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ И СИСТЕМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**О. И. Ларичев.** Принятие решений как научное направление: методологические проблемы 227

**Р. М. Фрумкина.** Особенности принятия решений в задачах свободной классификации 244

**В. Г. Горохов, В. П. Зинченко, В. М. Мунипов.** Методологические проблемы эргономики 260

**А. М. Эткинд.** От свойств к взаимодействиям: становление системной ориентации в психологии личности 284

**И. Н. Семенов.** Методологические проблемы системного изучения организации мыслительной деятельности 301

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В КОНКРЕТНО-НАУЧНОМ ЗНАНИИ

**К. М. Хайлов.** Иерархия живых и биокосных систем и ее отражение в знании 320

**Э. А. Зеликман.** Коммуникация у водных беспозвоночных как фактор структурирования пространства и регуляции численности 339

**Е. П. Турпаева.** Опыт системного изучения сообщества водных животных 360

**Ш. А. Гумеров.** Системно-семиотические инварианты культуры 383

Авторы выпуска 396

## TABLE OF CONTENTS

Preface 5

GENERAL METHODOLOGICAL PROBLEMS
OF SYSTEMS RESEARCH

**J. M. Gvishiani.** Theoretical-Methodological Foundation and Elaboration of the Global Development Problems 7

**V. G. Afanasiev.** Modelling as a Method of Investigation of the Social Systems 26

**I. V. Blauberg, E. M. Mirsky, V. N. Sadovsky.** Systems Approach and Systems Analysis 47

**B. S. Fleischman, P. M. Brusilovsky, G. S. Rosenberg.** On Methods of Complex Systems Mathematical Modelling 65

**V. S. Levchenkov.** Mathematical Systems Theory and Theory of Games 80

**I. A. Yevin, A. I. Yablonsky.** Models of Development and Catastrophe Theory 98

METHODOLOGY OF STUDY
OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

**A. V. Kochetkov.** Theory and Practice of the Development of Management Mechanisms of Socio-Economic Systems 131

**V. S. Rapoport.** Methodological Problems of Systems Research in Organizational-Economic Management Mechanism 159

**V. I. Danilov-Danilyan, A. A. Ryvkin.** Modelling in the Systems Analysis: Methodological Aspect 182

**A. I. Antonov.** Systems Approach to the Studies of Population and Birth-Rate 210

DECISION-MAKING AND ACTIVITY SYSTEMS

**O. I. Larichev.** Decision-Making as Field of Studies: Methodological Problems 227

**R. M. Frumkina.** Specific Features of Decision-Making in the Free Classification Application 244

**V. G. Gorokhov, V. P. Zinchenko, V. M. Munipov.** Methodological Problems of Ergonomics 260

**A. M. Etkind.** From Attributes to Interactions: Formation of Systems Orientation in Psychology of Personality 284

**I. N. Semionov.** Methodological Problems of Systems Study of Mental Activity Organization 301

SYSTEMS APPROACH
IN SPECIFIC SCIENTIFIC KNOWLEDGE

**K. M. Khailov.** Hierarchy of Living and Non-living Systems and Its Reflection in the Knowledge 320

**E. A. Zelikman.** Water Invertebrates Communication as a Factor of Structurization of Space and Their Population's Number Regulation 339

**E. P. Turpayeva.** Attempt of Systems Study in Water Animals Populations 360

**Sh. A. Gumerov.** Systems Semiotical Invariants of Culture 383

Authors 396