



## Модель современной экономики России: методы, технология, результаты

### Системный анализ развивающейся экономики

В 1975 г. в Вычислительном центре АН СССР (потом РАН) возникло новое направление исследований: системный анализ развивающейся экономики, в котором методология математического моделирования сложных систем, развитая в естественных науках,

была синтезирована с достижениями современной экономической теории [1]. Усилия были сосредоточены на разработке методов описания реальных экономических отношений в изучаемой системе [2, 3].

Исследования начались с моделей рыночной экономики, а в 1988 г. была построена модель, которая

**Поспелов Игорь Гермогенович** — главный научный сотрудник Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 07-01-00563а, 07-01-12032офи), Российского гуманитарного научного фонда (код проекта 07-02-00362а), по программе государственной поддержки ведущих научных школ (код проекта НШ-1843.2003.1).

воспроизводила основные качественные особенности эволюции плановой экономики. Поэтому к началу экономических преобразований в СССР, а затем в России уже был разработан подход к анализу происходивших в экономике изменений. В частности, за два года до реформы 1992 г. были правильно предсказаны ее краткосрочные последствия. Каждая из приведенных ниже моделей была основана на системе гипотез относительно характера тех экономических отношений, которые складывались в соответствующий период в России:

- модель экономики периода высокой инфляции 1992–1995 гг.;
- модель экономики периода финансовой стабилизации 1995–1998 гг., предсказавшая кризис 1998 г.;
- модель оценки перспектив развития экономики после кризиса 1998 г.

С помощью моделей удалось понять внутреннюю логику развития экономических процессов, скрывающуюся за видимой, часто, казалось бы, парадоксальной, картиной экономических явлений, которая не укладывалась в известные теоретические схемы. Опыт применения моделей показал, что они служат надежным инструментом анализа макроэкономических закономерностей, а также прогноза последствий макроэкономических решений при условии сохранения сложившихся отношений. Можно сказать, получилась целая «летопись» российских экономических реформ, выраженная языком математических моделей [2–4].

### Модель современной российской экономики, учитывающая наличие теневого оборота

#### История создания

Это последняя наша работа. Модель была создана в 2004 г. по заказу Федерального агентства по налогам и сборам (ФАНС) и сдана ему в эксплуатацию. Прагматической

целью проекта было создание инструмента системного использования информации из внешних по отношению к налоговой службе источников для оценки размеров теневого оборота и налогового потенциала России. Демонстрация модели и обсуждение с руководством и специалистами заказчика выявили следующие обстоятельства. С одной стороны, точность данной модели недостаточна для практической работы ФАНС — фактически нужен более короткий и более точный прогноз. С другой стороны, специалисты ФАНС явно не могли поверить, что демонстрируемые результаты действительно получены на столь небольшой, по сути, информационной базе и при столь малом числе (20–30) настроечных параметров. Со своей стороны, мы не очень настаивали на продолжении работ в связи с существенными кадровыми изменениями в ГНИВЦ, последовавшими за административной реформой 2004 г. Так или иначе, но проект не был продолжен. Такая же судьба постигла и все предыдущие наши проекты независимо от их объективного успеха и отношения к ним непосредственных заказчиков.

С научной точки зрения целью проекта была проверка пригодности новых теоретических концепций описания реальных макроэкономических процессов, а также отработка и развитие новой технологии моделирования. В этом отношении проект оказался гораздо более успешным, чем мы ожидали.

#### **Общая характеристика модели**

Модель описывает развитие во времени полного цикла общественного воспроизводства в предельно агрегированном виде [5]. Вся совокупность производимых в стране и импортируемых благ представлена в модели одним показателем — реальным ВВП. В модели производство продуктов, производство услуг и торговля объединяются в один сектор, а фи-

нансовый сектор рассматривается отдельно. Сопровождающие производство, распределение и потребление продукта финансовые потоки описываются как оборот пяти финансовых инструментов: наличных денег, остатков расчетных счетов, остатков корреспондентских счетов в ЦБ, банковских ссуд, банковских депозитов, иностранной валюты.

Продукт, труд, перечисленные финансовые инструменты и валюта образуют набор аддитивных величин, для которых в модели выписывается полная система балансов, причем потоки финансовых инструментов разделяются на легальные и теневые.

### **За два года до реформы 1992 г. были правильно предсказаны ее краткосрочные последствия.**

Развитие экономики, выраженное движением макроэкономических показателей, описывается в модели как результат деятельности семи экономических агентов:

- 1) фирмы, представляющей все нефинансовые коммерческие организации;
- 2) банка, представляющего все финансовые коммерческие организации;
- 3) населения, представляющего физических лиц, выступающих в качестве потребителей и наемных работников;
- 4) собственника, представляющего физических и юридических лиц, осуществляющих управление движением капитала между секторами национальной экономики и за пределы страны;
- 5) государства, которое в модели исполняет бюджет и определяет параметры экономической политики (ставки налогов, нормы резервов и др.);
- 6) Центрального банка (CB), который в модели эмитирует деньги, накапливает валютные резервы и служит расчетным центром для банков;
- 7) внешней торговли (F).

Деятельность последних трех агентов описывается сценариями государственной экономической политики и независимыми от модели прогнозами изменения внешнеэкономической конъюнктуры.

#### **Некоторые результаты исследования модели**

Система уравнений модели содержит 25 постоянных параметров, из которых 15 (ставки налогов, нормы резервирования и др.) задаются просто нормативными документами, а 10 оставшихся параметров подбираются в процессе идентификации. Модель удивительно хорошо воспроизводит сложную динамику при-

мерно 20 основных макроэкономических показателей за 16 кварталов 2003–2006 гг. Модель дает разумные оценки размеров теневого оборота (~15% ВВП и ~40% зарплаты). Она воспроизводит наблюдаемое различие темпов роста ВВП, инвестиций, кредитов и поступления налогов разных видов.

Приведем только данные по росту реального ВВП (рис. 1), реальным инвестициям (рис. 2), а также по темпу инфляции (рис. 3) и поступлению подоходного налога (рис. 4).

На всех рисунках красная линия обозначает несглаженные квартальные статистические данные, а синяя — результат расчетов по модели.

Справедливости ради следует отметить, что существующая модель, правильно воспроизводя сложные колебания показателей, сдвинутые друг относительно друга по фазе, и различие средних темпов роста этих показателей, не объясняет происхождение

Рисунок 1

Данные по росту реального ВВП в квартал, млрд руб.



Рисунок 2

Темпы роста по реальным инвестициям в квартал, млрд руб.



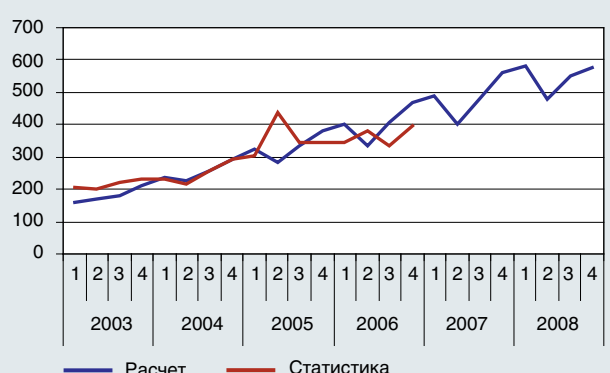
Рисунок 3

Оценка темпов инфляции в квартал, %



Рисунок 4

Поступление подоходного налога в квартал, млрд руб.



ния таких колебаний. Нам пока не удалось связать экспорт с другими показателями, пришлось задавать его как экзогенную величину и прогнозировать независимо от модели. Зато исследование различных гипотез о механизме формирования экспорта недвусмысленно показало, что пока, к сожалению, экономический рост в России определяется экспортом, а не наоборот — экспорт растет, как должно было быть во вполне здоровой и самостоятельной экономике.

Модель также показывает, что капиталы до сих пор сосредотачиваются в финансовом секторе, а реальный сектор растет за счет заемных средств. Модель дает верные оценки вывоза капитала и правильно описывает рост валютных

резервов и Стабилизационного фонда.

### Принципы построения модели

#### Индивидуальные и массовые агенты

Суть модели составляют описания поведения первых четырех агентов. Каждый из них описывается в модели как единое лицо, действующее в своих интересах и рационально принимающее решение относительно контролируемых им потоков продуктов, ресурсов и денег. Решение агент принимает на основании надежных прогнозов показателей конъюнктуры (информационных переменных модели): цен, процентов, курсов, ставок налогов, норм резервирования и т.п.

Предположения эти кажутся очень странными для всякого, кто не принял как догму какой-нибудь вульгарный учебник экономики. И обыденный опыт, и психологические исследования показывают, что люди действуют не очень рационально и преследуют разные цели. А в модели в качестве рационально стремящихся к единой цели агентов выступают огромные совокупности субъектов, часто даже не знающих о существовании друг друга! Казалось бы, уж если кому и приписывать рациональное планирование, так это государству, руководимому единой волей.

Однако вся история изучения экономики парадоксальным образом опровергает последние рассуждения. Люди ведь не атомы.

Если мы хотим узнать, почему они поступили так, а не иначе, можно просто спросить их об этом. И экономисты постоянно спрашивают, но из полученных ответов не складывается никакой внятной картины. А вот наблюдение за экономикой в целом «со стороны» открывает определенные закономерности. Дело здесь, видимо, в том, что именно в больших совокупностях субъектов, исполняющих сходные роли в экономике, возникают отношения конкуренции, специализации и подражания, которые превращают эту массу субъектов в регулярно ведущего себя макроагента [6, 7]. Цель макроагента — реализация вариационного принципа, позволяющего вычленивть реальное поведение среди всех мыслимых типов поведения [8]. Факт наличия такого принципа, скажем для поведения всей совокупности потребителей, может быть установлен прямой обработкой статистики [8].

Напротив, индивидуальные агенты, такие как государство или ЦБ, ведут себя нерационально, и их политику в модели мы описываем сценариями.

### **Принцип рациональных ожиданий**

Второй парадокс связан с прогнозированием информационных переменных агентами. Ведь модель мы строим в основном именно для того, чтобы дать реальным агентам такой прогноз, и тут оказывается, что для построения модели надо знать, как агенты делают подобные прогнозы! Самый радикальный выход из этого парадокса дает принцип рациональных ожиданий [9]. Наиболее просто он формулируется так: модельные агенты используют для своих прогнозов ту самую модель, которую мы строим! Поначалу кажется удивительным, что из такого принципа вообще можно получить что-то нетривиальное. Но фактически это возможно, поскольку набор планируемых переменных у аген-

тов различен и цели их тоже различны.

В рамках детерминированной модели, о которой здесь идет речь, принцип рациональных ожиданий приводит к модели межвременного экономического равновесия.

Во избежание постоянно возникающих недоразумений подчеркнем, что понятия «динамическое равновесие» (неизменное состояние), «термодинамическое равновесие» (наиболее вероятное со-

## **Пока, к сожалению, экономический рост в России определяется экспортом, а не наоборот.**

стояние) и «экономическое равновесие» (траектория, на которой согласуются независимые решения агентов) не имеют ничего общего, кроме названия. Например, кривые на *рис. 1–4*, как целое, представляют одно экономическое равновесие, которое не является ни динамическим, ни статистическим. Попытки привести все три понятия равновесия к чему-то одному имеют определенные основания, но простое использование одного из определений вместе с другими несостоятельно.

В такой модели каждый агент исходя из своих целей, возможностей и прогнозов определяет свой спрос и предложение на продукты, ресурсы и финансовые инструменты в текущий и все будущие моменты времени, а потом прогнозы (единые для всех) определяются из условия согласования спроса и предложения опять-таки в текущий и все будущие моменты времени. Модели межвременного равновесия известны давно, но до сих пор они применялись исключительно для изучения некоторых теоретических вопросов на стационарных режимах довольно абстрактных моделей экономики (см., например, [10]). Заметим, что даже если условия деятельности аген-

та описываются линейной моделью, зависимость решения оптимизационной задачи (выхода) от внешних факторов (входов) оказывается нелинейной. Поэтому все известные модели экономического равновесия существенно нелинейны.

Мы рискнули применить этот странный, но зато полностью самосогласованный подход к описанию реальных нестационарных процессов в современной российской экономике. Более того, мы постарались учесть в описа-

нии возможностей агентов специфику сложившихся в России экономических отношений. Например, размеры теневого оборота в модели определяет производитель исходя из оптимального для него сейчас и в будущем соотношения выгод от экономии на налогах и риска санкций за их неуплату.

Еще одним новшеством в модели стала новая формализация понятия «капитал агента» (см. ниже). Опираясь на это понятие, мы выделили агента — собственника фирм и банков, который, не вдаваясь в подробности процессов производства и обращения, распределяет свои средства между вложениями в фирмы, вложениями в банки и вложениями в иностранные активы исходя только из прогнозов доходности этих вложений. Доходность же вычисляется в рамках самой модели и в конечном счете зависит от распределения капитала.

### **Технология разработки модели**

Технически модель межвременного равновесия очень сложна. Для каждого из массовых (первых четырех) агентов нужно аналитически решить неавтономную задачу оптимального управления



со смешанными ограничениями, подставить решения этих задач в балансы и определить, наконец, прогнозы информационных переменных, выступавшие при решении задач агентов как экзогенные переменные с неконкретизированной зависимостью от времени. Надо еще иметь в виду, что при построении модели приходится рассматривать множество альтернативных гипотез, так что всю процедуру решения надо много раз повторять для различных наборов ограничений в задачах агентов.

Такую работу в разумные сроки невозможно провести обычным способом, записывая модель на бумаге, а потом переводя ее на язык программирования, не говоря уже о том, что при обычной процедуре моделирования практически невозможно избежать ошибок в записи, скажем, балансов и не допустить отклонения от исходных гипотез при превращении формул в программу расчета. Успех нашего проекта в значительной степени обусловлен использованием новой технологии моделирования.

Разработка и использование модели, имеющей каноническую форму (см. ниже), на всех этапах поддерживается оригинальной инструментальной системой ЭКОМОД [5], которая реализована в среде компьютерной алгебры Maple [11]:

- система контролирует корректность модели;
- система обеспечивает автоматическую генерацию условий оптимальности, автоматическое упрощение системы соотношений на основе их семантики, расчеты по модели (идентификация, верификация, численные эксперименты);
- система дает возможность узнать исходный вид и смысл соотношений после любых преобразований, быстро повторить все преобразования при модификации исходных гипотез, сохранять древо вариантов модели в файло-

вой системе, представлять и хранить результаты расчетов;

- модель в системе ЭКОМОД вплоть до получения результатов расчетов записывается в стандартной математической нотации.

Исходно модель экономики России, о которой шла речь выше, записывается как система из 102 разнородных нелинейных уравнений и неравенств. Автоматические упрощения позволяют сократить их число до 57. Дальнейшее исследование позволяет свести модель к нелинейной неавтономной краевой задаче для 6 дифференциальных и 11 конечных уравнений для 17 неизвестных. Приведенные выше результаты относятся к 37 версиям модели, которым предшествовало исследование 15 версий упрощенного макета. Версии отличались друг от друга определенными изменениями в исходных описаниях блоков, отражавшими альтернативные гипотезы о целях и возможностях экономических агентов.

Модель ни в целом, ни по частям никогда не записывалась ни на бумаге, ни каким-либо языком программирования. С другой стороны, ее запись в системе ЭКОМОД, которая содержала и пояснительный текст, оказалось возможным практически без изменений использовать для публикации [5].

### **Структурные свойства модели**

#### **Агенты и их взаимодействия**

Как может компьютерная система проверить корректность модели, то есть сказать, является она правильной или нет? В абсолютном смысле этого, конечно, сделать нельзя, но можно попытаться проверить, отвечает ли записанная система соотношений замыслу автора. Модель —

это не просто набор уравнений и неравенств. Соотношения и переменные модели имеют определенный смысл, группируются в естественные блоки и распадаются на определенные типы. Все это — информация о модели, не содержащаяся в системе ее соотношений, и именно эту информацию можно использовать, чтобы судить о корректности модели [12].

Традиционный подход искусственного интеллекта, состоящий в сопоставлении модельных конструкций и содержательных понятий прикладной области, оказался неприменим вследствие «текучности» экономических понятий (см. ниже). Поэтому мы решили опираться на чисто структурные свойства и разработали понятие канонической формы модели.

Модель в канонической форме представляет собой систему неравенств, уравнений (конечных или динамических), а также, возможно, локальных оптимизацион-



ных задач, разделенную на блоки двух типов: блоки описания поведения экономических агентов (ЭА) и блоки описания взаимодействий экономических агентов (ВД). Соотношения внутри блоков ЭА разбиваются еще и на определенные функциональные группы внутренних (технологических) и внешних (институциональных) ограничений [5]. Особо выделяются внутри блоков обоих типов ограничения материальных и финансовых балансов (балансовые уравнения).

Блок ЭА описывает поведение агента как оптимальный в некотором смысле выбор допустимых ограничениями значений плани-

в которой цены определяются исходя из баланса спроса и предложения, сфера применения канонической формы оказывается гораздо шире. В нее укладывается, например, упомянутая выше модель плановой экономики, а различие между конкурентным и монопольным рынками сводится к различию в классификации переменных на планируемые и информационные.

#### **Балансы материальные и финансовые**

Балансовые уравнения описывают динамику экстенсивных (аддитивных) величин. Можно заметить, что всюду, где математика достигает успеха в описании

ческие уравнения как балансы потоков (flows), возможность конструктивной проверки балансовой составляющей модели исчезает.

Многие считают, что экономическая теория вообще и модели экономики в частности слишком увлекаются изучением движения «дутых» финансовых показателей в ущерб описанию «реальной», «физической» экономики. Например, наша модель содержит два простых материальных баланса (продукта и труда) и целых пять подсистем финансовых балансов для каждого из пяти инструментов, перечисленных в разделе «Общая характеристика модели». А все финансовые инструменты действительно «дутые» в том смысле, что все они порождаются кредитной эмиссией — договором об одновременном увеличении актива (положительного запаса) у одного агента и пассива (отрицательного запаса) у другого агента [13].

### **Основные категории производства и потребления, характеризующие экономическую активность и уровень жизни, в разные периоды образуются разными наборами конкретных благ.**

руемых переменных агента (выпусков, затрат, кредитов и т.д.). Этот выбор зависит от прогноза информационных переменных (цен, процентов, ставок налогов и т.п.), которые входят как параметры в институциональные ограничения. Такой условный выбор в экономике называется функцией спроса/предложения.

Планы агентов должны быть согласованы так, чтобы балансы выполнялись по всей системе. Это согласование описывается в блоках ВД, где определяются соответствующие значения информационных переменных. Структурные свойства — разделение переменных на информационные и планируемые, а также требование выполнения балансов позволяют весьма эффективно контролировать корректность модели.

Хотя описанная каноническая форма построена по образу и подобию модели конкурентного экономического равновесия,

окружающего мира, присутствуют ключевые экстенсивные величины (длина, угол, площадь, вероятность, масса, всевозможные типы зарядов, все виды и формы энергии, энтропия, импульс, момент импульса, численность биологических видов или населения и т.д.). В экономике экстенсивными величинами являются запасы материальных благ и финансовых инструментов. Их движение и описывается балансовыми уравнениями, но происходит оно не в пространстве, а на множестве экономических агентов.

Аддитивная величина может не сохраняться (энтропия, численность населения), поэтому балансовые уравнения не всегда выражают законы сохранения. Тем не менее уравнения движения аддитивной величины имеют специальный вид. Поэтому, если, как это принято в системной динамике, называть все фазовые переменные запасами (levels) и пытаться трактовать все динами-

Беда, однако, в том, что разнообразие материальных благ столь велико (~10<sup>9</sup> наименований), что их потоки, за единичными исключениями (электричество, газ, вода), не поддаются прямому учету и воспроизведению в модели. Наблюдаемыми величинами в экономике служат почти исключительно финансовые потоки, а так называемые реальные показатели производства и потребления суть лишь расчетные величины, выводимые из финансовых показателей. Приведение информации о многообразных материальных благах к соизмеримым скалярным стоимостным показателям — это и есть, с нашей точки зрения, основная функция денег в экономике.

Более того, дело, похоже, идет к тому, что материальные балансы вообще теряют смысл. Баланс, выражающий тот факт, что при передаче блага один агент теряет то, что приобретает другой, очевидно, не выполняется для таких благ,

как знания и информация. Как регулировать в экономике и как описывать в моделях движение таких тиражируемых благ, пока неясно, и в этом пункте модели и экономическая теория очень сильно отстают от жизни.

В статистике информационные блага «втискиваются» в состав услуг, а в теоретических моделях их пытаются описывать средствами идемпотентного анализа [14]. Там тоже получаются равновесия, но очень своеобразные. В част-

**Государства, армии, партии, классические производственные корпорации утрачивают влияние; власть приобретают информационные империи, финансовые спекулянты, мафиозные группы.**

ности, знания в равновесии достаются всем поровну, а платят за них пропорционально богатству.

Но в любом случае это обстоятельство показывает, что аддитивными величинами в экономике фактически остаются только финансовые инструменты и надо изучать закономерности их движения, чтобы уметь по этому движению адекватно определять, что же такое реальное состояние экономики.

***Симметрии масштабной инвариантности, экономического роста, капитал***

Большинство теоретических построений в экономике исходит из того, что пропорции в экономике могут оставаться неизменными при изменении масштаба деятельности [15]. Мы тоже принимаем это предположение — наша модель однородна. Однородность есть подобие, то есть вид симметрии. Симметрии отвечают авторемодельные решения уравнений модели. Эти решения удобно искать на основании результатов проверки размерности и естест-

венно использовать для предварительной идентификации модели и как начальное приближение к нужному решению [16].

Оптимизационная задача, решение которой описывает поведение агента, тоже обычно оказывается однородной. Но по теореме Нётер симметрии задачи отвечает первый интеграл поля экстремалей. Оказывается, что интеграл, отвечающий масштабной инвариантности, можно интерпретировать как собственный капитал

агента. Это свойство было использовано в модели для нового решения старых проблем — описания взаимодействия фирмы и ее собственника и постановки терминальных условий в задачах долгосрочного планирования [5].

Предположение об однородности может показаться странным ввиду того, что развитие экономики постоянно наталкивается на внешние ограничения (земли, труда, природных ресурсов), а потребности в каждом конкретном благе ограничены. Тем не менее изменения экономических показателей мы всегда характеризуем темпами (логарифмическими производными по времени), а изменения в физическом мире чаще всего — скоростями (производными по времени). Это означает, что в физике аб-

солютные масштабы величин существенны, а в экономике нет.

Объясняется это тем, что экономические закономерности проявляются только при достаточном агрегировании. Основные категории производства и потребления, характеризующие экономическую активность и уровень жизни, в разные периоды образуются разными наборами конкретных благ. Блага, спрос на которые насыщен, или ресурсы, производства которых исчерпаны, замещаются новыми, и тот реальный экономический рост, который ощущается людьми, успешно продолжается с прежним темпом.

Эта экономическая экспонента за 250 лет существования индустриального общества последовательно преодолела дефицит земли в начале XIX в., дефицит труда в начале XX в., а сейчас пока довольно успешно преодолевает дефицит природных ресурсов. Все же концепции, упирившие на внешние ограничения экономического роста (от Т. Мальту до Д. Медоуза включительно), правильно ухватывая начало негативной тен-





денции, проваливались в окончательных прогнозах.

В частности, энергетический кризис 1975–1980 гг. был в значительной мере преодолен, поскольку выяснилось, что собственно материальное потребление золотого миллиарда в значительной мере уже насыщено и дальнейший рост уровня жизни возможен почти исключительно за счет потребления информационных благ и индивидуальных услуг. В результате за последние 30 лет потребление энергии на душу населения в США не выросло вообще, а уровень жизни, как его ни измеряй, вырос в 1,5–2 раза<sup>1</sup>.

### Особенности моделирования сложных систем

Главная трудность моделирования советской и российской экономики в период 1986–2004 гг. была в том, что вследствие ее эволюции каждую следующую модель приходилось создавать заново начиная с системного анализа изменившихся экономических отношений. Новые экономические отношения описываются новыми переменными, другими соотношениями, часто требуют использования новых математических методов. Поэтому нельзя сказать, что в итоге почти тридцатилетних исследований эволюции советской и российской экономики мы создали систему моделей. Перечисленные выше модели трудно сопоставить друг с другом, так же как трудно сопоставлять модели, созданные разными исследовательскими группами.

Преодолеть несопоставимость моделей на современном уровне развития науки, по-видимому, невозможно [15]. В настоящее время активно развиваются не просто разные модели, но и разные подходы к моделированию. Существует множество эконометрических моделей [18], создатели которых в первую очередь интересуются устойчивыми корреляциями между наблюдаемыми показателя-



ми и только во вторую — объяснением происхождения этих корреляций. Имеется множество балансовых моделей, в которых описание экономических механизмов регулирования заменяется исследованием траекторий, допустимых с технологической точки зрения [15]. В последнее время большой интерес привлекают модели, основанные на методах описания поведения экономических субъектов, позаимствованных из физики и биологии [19].

Причина этого в том, что экономика не только сложна, но и способна к необратимому качественному развитию. Субъекты экономики постоянно пытаются найти или позаимствовать новые средства достижения своих интересов — новые технологии, новые торговые связи, новые финансовые инструменты, новые способы организации. Таким образом, несколько меняется характер роли субъекта в экономике, соответственно механизмы отбора изменяют интересы исполнителей ролей. В результате вся экономическая система непрерывно качественно меняется. Заметим, что такая картина эволюции соответствует представлению К. Маркса о взаимодействии «производительных сил» и «производственных отношений».

Производственные отношения — это система ролей, а производительные силы — это люди, исполняющие роли, с присущими им индивидуальными особенностями и творческим потенциалом. Увы, пока мы не умеем моделировать такие процессы качественной эволюции, поэтому вынуждены периодически учитывать существенные изменения экономических отношений и в соответствии с ними создавать новую модель.

По той же причине не удастся формализовать авторитетные экономические теории, будь то теория К. Маркса, Дж. Кейнса, М. Фридмана или К. Гэлбрейта. Тщательный анализ показывает, что в этих содержательно вполне убедительных построениях понятия слегка «текут», изменяясь от главы к главе и от темы к теме. В результате при формализации получается не одна модель, отвечающая теории, скажем, Дж. Кейнса, а тысячи несопоставимых друг с другом кейнсианских моделей.

Сходная картина наблюдается во всех областях, где исследователи сталкиваются со сложными саморазвивающимися системами, такими как живой организм, биосфера, человеческое общество и его подсистемы (технология, экономика, язык). В мире созда-



но много разных моделей, и они не выводятся как частные случаи из общей супермодели. По сути, такие модели описывают разные ракурсы сложной системы, в них используются разные наборы понятий, и за рамками модели остаются целые пласты важных явлений.

Особенность таких систем не только в сложности, но, главное, в их уникальности и способности к необратимому качественному развитию. В результате мы всегда наблюдаем единственную (историческую) траекторию сложной системы, которая сама себя не воспроизводит статистически достоверно. Поэтому модели сложных систем не только и не столько объясняют заведомо неполные наблюдения, сколько заменяют невозможный для сложных систем эксперимент.

Надо отдавать себе отчет в том, что исследование сложных систем выводит за пределы применимости эмпирического метода, который обеспечил триумф естественных наук в последние 300 лет. Нам кажется, что в значительной степени по этой причине успехи в описании общественных и биологических процессов куда скромнее, чем успехи в описании неживой природы, несмотря на все усилия, затраченные в течение последних 70 лет.

Хорошая модель может дать разумный прогноз в своей области компетенции при условии сохранения сложившихся экономических отношений, может обнаружить угрозы сложившемуся порядку, но она не позволяет предсказать, чем заменится этот порядок после кризиса. Эволюция — это сотворение мира, то есть процесс сугубо творческий.

Думается, именно принципиальные трудности моделирования сложных систем обусловили разочарование в возможностях науки, повсеместное падение ее статуса и престижа в конце XX в. Разуверившись в возможностях рационального целенаправленного управления общественными процессами, человечество стало больше полагаться на процессы стихийной самоорганизации. Это выразилось в стремлении использовать везде, где можно и нельзя, рыночный механизм согласования действий людей.

Наиболее ярко эта тенденция проявилась в радикальном изменении масштаба и горизонта планирования в экономике, которое произошло во всем мире буквально на глазах одного поколения. Еще в 1970-е годы все крупные корпорации, не говоря уж о государствах, практиковали прямое плановое перераспределение материальных ресурсов и постоянно за-

тевали проекты сроком на 30, 50 и даже 100 лет. К 1990-м годам эти корпорации передоверили распределение ресурсов множеству полусамостоятельных дочерних фирм, часто конкурирующих друг с другом, а финансирование в течение года постановки голливудского боевика стало рассматриваться как «стратегические», «долгосрочные» инвестиции.

Нельзя сказать, что процессы рыночной самоорганизации вовсе неуправляемы, однако принцип управления ими совсем не тот, к которому мы привыкли. В период господства планового начала управлению воздействия в обществе реализовались, главным образом, организационными методами. Можно с полным правом назвать XX в. веком организаций. Для решения каждой проблемы в обществе возникала специализированная организация, члены которой действовали «как должно», а не «как хочется». С отказом от планирования организационной деятельности принцип сознательной дисциплины сменился в значительной степени манипулированием — воздействием на интересы и цели людей.

Исполнителя усиленно убеждают, что он действует исключительно в собственных интересах, в то время как интересы эти искусно формируют самыми разными методами, начиная от примитивных подкупа, запугивания и лести и заканчивая изощренными методами выборочного информирования, внушения и формирования мнений, в частности, через средства массовой информации. В результате реальная власть в обществе переходит от организаций к манипуляторам. Государства, армии, партии, классические производственные корпорации утрачивают влияние; власть приобретают информационные империи, финансовые спекулянты, мафиозные группы.

В условиях манипулирования исчезает «спрос на истину», важным оказывается мнение. Если, услов-



но говоря, нам нужно договориться (например, для ведения бизнеса по продаже участков на Луне), кто прав, Коперник или Птолемей, мы будем смотреть не в небо, а на биржу. Чей курс, Коперника или Птолемея, сегодня выше, тот и прав (сегодня).

Представляется, однако, что манипулирование не годится для осуществления крупномасштабных программ. Формируя краткосрочные узкоэгоистичные интересы, манипулятор должен позаботиться о том, чтобы они реализовывались. Бессмысленно рекламировать товар, которого нет и не будет в продаже. Поэтому манипулятор должен постоянно адаптироваться к ситуации,

## Эволюция — это сотворение мира, то есть процесс сугубо творческий.

возникающей в результате взаимодействия независимо действующих исполнителей. Эта сильная «обратная связь» делает невозможным для манипулятора последовательное движение к заранее заданной цели, а манипулирование становится во многом взаимным. Поэтому и сократились горизонты планирования даже у игроков мирового масштаба.

Нужно, однако, помнить, что сокращение масштабов и горизонтов планирования не решает глобальных проблем, встающих перед человечеством, и трудно представить, что их можно решить без ясного понимания сути дела и сознательного объединения усилий людей.

ПЭС 9303/14.12.2009

### Примечания

1. Вопреки приводившимся в 1970–1980-е годы солидным историческим и физическим аргументам в пользу тезиса о том, что потребление энергии неизбежно растет быстрее, чем уровень жизни. Мы не уверены, что из всякого кризиса есть выход, но видим, что выходы обычно лежат за пределами здравого смысла.

### Литература

1. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: изд-во МГУ, 1983; М.: Фазис, 2000.

2. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.

3. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. От Госплана к неэффективному рынку: Математический анализ эволюции российских экономических структур. The Edwin Mellen Press. Lewiston, NY, USA. 1999.

4. Петров А.А., Поспелов И.Г. Модельная «летопись» российских экономических реформ. [http://isir.ras.ru/win/db/show\\_ref.asp?P=id-23268.In-ru](http://isir.ras.ru/win/db/show_ref.asp?P=id-23268.In-ru).

5. Андреев М.Ю., Поспелов И.Г., Поспелова И.И., Хохлов М.А. Технология моделирования экономики и модель современной экономики России. М.: изд-во МИФИ, 2007. 262 с.

6. Поспелов И.Г. Вариационный принцип в описании экономического поведения. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах / Под ред. Н.Н. Моисеева, А.А. Самарского. М.: Наука, 1986. С. 148–163.

7. Поспелов И.Г. Модель отбора поведения в социально-экономических системах. Сб. тр. конф. «Моделирование социального поведения». М.: изд-во МГУ, 2001. <http://www.ccas.ru/mmes/mmest/pospelov.html>.

8. Петров А.А. Об экономике языком математики. М.: ФАЗИС, 2003.

9. Lucas R.E., Sargent T.J. Rational Expectations and Econometric Practice. Al-len & Unwin, London, 1981.

10. Brock W.A., Tumovsky S.J. The Analysis of Macroeconomic Policies in Perfect Foresight Equilibrium. // International Economic Review, 1981. Vol. 22, № 1. P. 179–209.



11. Maple 9 Learning Guide, Maplesoft, Waterloo Maple Inc., Canada, 2003. Лицензия № 920523203.

12. Комаров С.И., Петров А.А., Поспелов И.Г., Поспелова Л.Я. Представление знаний, содержащихся в математических моделях экономики // Теория и системы управления. 1995. № 5.

13. Поспелов И.Г. Моделирование экономических структур. М.: ФАЗИС; ВЦ РАН, 2003. 208 с.

14. Маслов В.П. Нелинейное среднее в экономике. <http://viktor-maslov.narod.ru/economica.pdf>.

15. Ашманов С. А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984.

16. Поспелов И.Г., Хохлов М.А. Метод проверки размерности для исследования моделей экономической динамики // Математическое моделирование. Т. 18. 2006. № 10. С. 113–122.

17. Полтерович В.М. Кризис экономической теории. <http://www.cemirssi.ru/rus/publicat/e-pubs/d9702t/d9702t.htm>.

18. Greene W. H. Econometric Analysis (5th edition). Prentice Hall, 2003. 1026 p.

19. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. О проблемах физической экономики. Обзоры актуальных проблем // УФН. 2002. № 9. С. 1045–1066.