

ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

О проблемах физической экономики

Д.С. Чернавский, Н.И. Старков, А.В. Щербаков

Представлен обзор известных в литературе попыток построить экономику по образу и подобию естественных наук (в частности, физики) с привлечением математического моделирования. Это направление получило название "физическая экономика". Обсуждаются актуальные вопросы рыночной экономики: является ли рыночное равновесие единственным, возможны ли переходы между стационарными состояниями и как они происходят. Для решения этих вопросов по аналогии с физикой широко используется аппарат математического моделирования. Показано, что самодостаточная страна при одинаковых внешних условиях может находиться в двух стационарных устойчивых состояниях: высокопродуктивном (ВП) и низкопродуктивном (НП). Переходы между ними проявляются либо как экономический кризис, либо как экономическое чудо. Показано, что современная Россия кризис уже прошла и сейчас находится в устойчивом НП состоянии. Обсуждаются возможные варианты перехода в ВП состояние. Рассмотрен вопрос о распределении элементов общества по ликвидным накоплениям и доходам. Показано, что в современной России эти распределения бимодальны, т.е. имеются бедные и богатые, но средний слой практически отсутствует. Кроме того, имеется "убегающий хвост" распределения, включающий очень малочисленную группу очень богатых людей.

PACS numbers: 07.05.Tp, **89.20.** – a, 89.65.Gh

Содержание

1. Введение (1045).
 2. Поведенческие функции в экономике (1047).
 - 2.1. Функция спроса. 2.2. Производственная функция.
 3. Экономическая структура общества (1050).
 - 3.1. Примеры реконструкции ЭСО в СССР и России. 3.2. Роль ЭСО в экономике. 3.3. Роль ЭСО в ценообразовании. 3.4. Роль ЭСО при эмиссии денег (безинфляционная эмиссия).
 4. Динамические модели макроэкономики (1057).
 - 4.1. Базовая модель рыночной экономики в закрытом обществе.
 - 4.2. Динамическая модель макроэкономики современной России.
 5. Заключение (1065).
- Список литературы (1065).

1. Введение

Почему физики занялись экономикой? Ответ очевиден: события последних лет в мире, и особенно в России, оказались неожиданными для многих профессиональ-

ных экономистов. Возникло естественное желание понять причины происходящего и объяснить их на принятом в естественных науках языке — это и является целью предлагаемой публикации. Мы не претендуем на обзор состояния экономической науки в целом, ибо оно не простое. Тем не менее полезно сказать несколько слов для того, чтобы определить место обсуждаемых математических моделей в современной теоретической экономике.

Название "физическая экономика" предложил экономист Линден Ларуш [1]. Он известен как сподвижник президента США Р. Рейгана и создатель так называемой рейгономики, в которой роль государства существенно усилилась. Сейчас Ларуш — лидер одного из направлений экономики, в русле которого работает ряд институтов и общественных организаций. Под словом "физическая" Ларуш понимает экономику, построенную по образу и подобию точных и естественных наук. Таковая еще далеко не построена, но некоторые результаты уже есть — о них и пойдет речь ниже.

В теоретической экономике существует несколько направлений. Наиболее развита классическая (и неоклассическая) экономика (в монографии Нельсона и Уинтера [2] она именуется также ортодоксальной). Она хорошо оснащена математически и сейчас представляет замкнутое внутри себя направление, со своим специфическим понятийным аппаратом, своей аксиоматикой и методологией [3]. Это направление обособлено от естественных наук, в том числе и физики. Такое положение теоретической математической экономики вызывает негативную реакцию и со стороны экономистов по следующим причинам.

Д.С. Чернавский, Н.И. Старков. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН,
119991 Москва, Ленинский просп. 53, Российская Федерация
Тел. (095) 135-24-52
E-mail: starkov@sci.lebedev.ru
А.В. Щербаков. Акционерное общество "Курс",
103030 Москва, ул. Селезневская 13, Российская Федерация
Тел. (095) 978-88-63

Статья поступила 31 октября 2001 г.,
после доработки 31 января 2002 г.

Во-первых, самоизоляция препятствует развитию любой науки и сейчас, во время интеграции наук и развития смежных дисциплин, это особенно ощутимо.

Во-вторых, неоклассическая экономика не смогла ни предвидеть, ни объяснить развитие реальной экономики за последние десятилетия. Об этом упоминали Нельсон и Уинтер еще 20 лет назад [2], и события последнего времени подтверждают справедливость их предвидения.

В-третьих, в естественных науках накоплен богатый опыт построения и исследования динамических моделей развивающихся систем, к которым относится и человеческое общество.

В результате появились альтернативные направления. Их объединяет общая идея о том, что теоретическая экономика не должна обособляться от других естественных наук, а напротив, должна развиваться вместе с ними и использовать их достижения [4]. В первую очередь речь идет о теории развивающихся систем (ее называют также синергетикой), которая зарекомендовала себя в физике, химии и, особенно, биологии. В ней используется весь арсенал современной математики, но предпочтение отдается теории динамических систем. В экономике это направление представлено работами Т. Пу [5], В.Б. Занга [6] и В.В. Лебедева [7]. Его называют также "синергетическая экономика" (именно так называется книга Занга [6]). Справедливости ради отметим, что динамические модели использовались в экономике и ранее [8–11].

В том же русле развивается эволюционная экономика. Это направление было начато работами Шумпетера [12], продолжено в работах [2, 13, 14], его современное состояние отражено в обзоре [4]. В России оно представлено работами В.И. Маевского [15]. Эволюционная экономика даже по названию относится к развивающимся системам. По сравнению с другими неортодоксальными направлениями она имеет наибольший "стаж" и более развита.

Эволюционная экономика отличается от ортодоксальной, во-первых, аксиоматикой и, во-вторых, предметом исследования.

Исходные положения классической экономики сводятся к следующему.

1. Люди (и производители, и потребители) поступают разумно и преследуют цели. Цель производителей — максимум прибыли, цель потребителей — максимальное удовлетворение потребностей.

2. Рыночное равновесие, т.е. баланс спроса и предложения товаров, денег и труда, реализуется в результате баланса целей производителей и потребителей.

В математических моделях этого направления цели формулируются в виде целевых функций и дополнительных условий.

Предметом ортодоксальной экономики является рыночное равновесие при фиксированных параметрах. Поэтому ортодоксальную экономику можно назвать *статической*. Неравновесные процессы рассматриваются преимущественно вблизи равновесия, когда результат процесса предопределен.

Исходные положения эволюционной экономики заключаются в следующем.

1. Люди поступают в соответствии с поведенческими реакциями. Иногда это поведение можно интерпретировать как стремление к максимуму прибыли, иногда нельзя. Существует и другая мотивация поведения — религиозная, нравственная, политическая и т.п. В мате-

матических моделях эволюционной экономики поведенческие реакции формализуются в виде функций спроса, предложения, доходов и расходов.

2. Рыночное равновесие достигается в результате балансов спроса и предложения, а также доходов и расходов. Однако эти функции меняются со временем в связи с развитием науки и техники. Поэтому равновесие никогда не наступает, хотя система постоянно стремится к нему. Отсюда и название — эволюционная экономика.

3. При построении эволюционной экономики разумно опираться на теорию развивающихся систем и биологическую эволюцию.

В связи с последним полезно напомнить основные положения теории биологических развивающихся систем. Развитие происходит неравномерно. Периоды плавной эволюции чередуются с кризисными этапами. В течение плавных периодов происходит совершенствование вида за счет отбора наиболее приспособленных особей. В кризисных стадиях образуются новые формы и/или осуществляется переход в другое стационарное состояние.

Для описания этих стадий выбираются модели различных типов. Так, при описании плавных стадий используются адиабатические приближения¹. В этом случае принимается, что система находится вблизи одного и того же устойчивого состояния, но параметры его медленно меняются со временем. При описании кризисных явлений строится модель, описывающая бифуркацию, т.е. переход в другое состояние.

Как ортодоксальная, так и эволюционная экономика основаны на рыночных отношениях, и поэтому обе они относятся к так называемым рыночным экономикам. Фактически положения 1–3 эволюционной экономики принимаются и в других неортодоксальных экономиках: физической и синергетической. Поэтому их можно рассматривать как варианты эволюционной экономики.

Упомянутые подходы не противоречат, а скорее, дополняют друг друга. Поясним это на примере из классической физики.

При решении задач механики можно, с одной стороны, использовать уравнения Ньютона. В этом случае необходимо задать поле сил, что делается, исходя из конкретных условий, и всегда содержит гипотетический элемент. В экономике (и других развивающихся системах) аналогом поля сил являются поведенческие реакции. С другой стороны, можно использовать принцип минимума действия. При этом необходимо задать форму лагранжиана, что тоже делается, исходя из условий задачи, и также содержит гипотетический элемент. Эти подходы эквивалентны в том смысле, что, задав лагранжиан, можно вывести уравнения движения и форму силового поля (и наоборот).

В экономике аналогом действия являются целевые функции. Задав их, можно "вывести" соответствующие им поведенческие функции (что, правда, не всегда просто). Эквивалентность подходов отнюдь не означает, что результаты моделирования будут полностью совпадать. Последнее возможно только в слу-

¹ Во избежание недоразумений отметим, что термин "адиабатическое" здесь никак не связан с физической энтропией. Аналогия лишь в том, что в тепловых машинах основной параметр — теплосодержание — на адиабате меняется медленно по сравнению с давлением и объемом.

чае, когда гипотезы о форме поведенческих функций полностью соответствуют гипотезам о целевом функционале.

Выбор того или другого подхода определяется тем, какой из них более удобен для решения конкретной задачи.

В задачах управления техническими средствами используется второй подход. Там целевой функционал задается в однозначной форме. Это возможно, так как техническое устройство работает на основе хорошо изученных законов физики, химии и других естественных наук. Задача инженера — подстроить параметры устройства так, чтобы цель была достигнута с наименьшими затратами (средств, энергии и т.п.). В этом случае второй подход вполне конструктивен.

В живых развивающихся системах "вывести" поведенческие функции из первых принципов физики невозможно и успех зависит от того, в какой форме проще и удобнее формулировать гипотезы, соответствующие реальному поведению системы. Здесь преимущества имеет первый подход.

Сформулировать вид поведенческих функций на основе эмпирических данных можно сравнительно просто. При этом удастся описать и предсказать ряд "неожиданных" явлений, таких как появление нескольких устойчивых стационарных состояний, переход между состояниями, появление неустойчивых состояний и возникновение хаоса. Для описания этих явлений в рамках второго подхода необходимо заранее подобрать "лагранжиан" в соответствующей форме. Сделать это *a priori* (не зная динамических уравнений) очень трудно.

В эволюционной экономике применяются оба подхода. Примеры, где используется первый, содержатся в [5–7], а также в наших работах [16, 17]. Второй подход с успехом реализован в работах А.А. Петрова, И.Г. Поспелова и А.А. Шананина [18]. Результаты, полученные разными методами, в значительной мере перекрываются. Некоторые из них легко получить в рамках одного подхода, но трудно в рамках другого. Ниже мы приведем примеры решения актуальных задач экономики России, используя преимущественно первый подход.

Сказанное выше относится к математической и теоретической экономике и противоречит представлению о том, что экономика — наука гуманитарная. Реально гуманитарное направление в экономике существует, и, более того, благодаря усилиям политиков и средств массовой информации именно оно наиболее известно широкой публике. В этой среде часто фигурируют не строгие утверждения, а догмы и мифы. Приведем некоторые из них.

1. Рыночное равновесие единственно. В действительности попытки доказать это утверждение не увенчались успехом (см. [4]). Возможность существования нескольких стационарных состояний обсуждается, например, в [19]. Далее мы покажем, что современная Россия может существовать по крайней мере в двух устойчивых состояниях, и это обстоятельство играет важную роль.

2. Эмиссия денег всегда ведет к инфляции. Это утверждение также бездоказательно. При определенных условиях возможен и обратный эффект, и примеры таких ситуаций мы обсудим ниже.

3. Государство не должно вмешиваться в экономику; рыночные отношения ("невидимая рука Адама Смита")

способны сами все урегулировать. Это утверждение также не обосновано теоретически и неверно. Ниже мы покажем, что государственное регулирование является необходимым условием существования и развития государства, особенно в критических ситуациях, что в современной России чрезвычайно важно. Мы остановились на этом, дабы подчеркнуть, что ортодоксальная экономика оказалась изолированной не только от естественных наук, но и от актуальных проблем практической макроэкономики. В такой ситуации внедрение в экономику физической методологии представляется вполне оправданным.

Из изложенного следует, что в экономической науке сложилась дискуссионная ситуация, и это нашло отражение и в предлагаемой публикации — она тоже дискуссионна. Далее будут использоваться физические (и математические) образы и понятия. Экономические термины мы постараемся объяснить на языке, доступном широкому кругу читателей. В качестве примеров будем приводить наряду с другими результаты и своих работ. Этот недостаток (или, напротив, достоинство) характерен почти для всех авторов обзоров в *УФН*.

2. Поведенческие функции в экономике

2.1. Функция спроса

В экономическом аспекте поведенческие реакции в первую очередь отражаются так называемой функцией спроса $Q(U, p)$. Она представляет собой зависимость количества товара Q , приобретаемого в единицу времени, от имеющихся средств U и цены p . Средства U , предназначенные для приобретения товаров, либо совпадают с полными накоплениями потребителя, либо определяются его доходами (y) в единицу времени (если накопления почему-либо отсутствуют). Во втором случае функция спроса зависит от дохода и цены p . В обоих случаях качественные свойства функции потребления одинаковы. Важно, что функция $Q(U, p)$ не изменяется при пропорциональном изменении цены p , средств U и доходов y , что, в частности, используется при деминации денег (т.е. $Q(U, p)$ — функция нулевого ранга [20]). Поэтому она зависит от одной переменной — покупательной способности r , которая равна отношению $r = U/p$.

Различают функции спроса на товары и услуги первой необходимости Q_I , товары долговременного пользования Q_{II} и элитные товары Q_{III} . К первым относятся пища, одежда и жилище, тепло и транспорт. Ко вторым — большинство промышленных товаров народного потребления. Граница между товарами I-й, II-й и III-й категории условна и в разных странах различна. К элитным товарам и услугам относятся предметы роскоши, а также предметы и услуги, символизирующие авторитет и власть (имидж).

Функция спроса на товары первой необходимости $Q_I(r)$ приведена на рис. 1. Величина $Q_{I,0}(r)$ представляет собой прожиточный минимум, обеспечивающий существование. Он определяется, скорее, физиологическими потребностями, но не "человеческим фактором". Отказаться от приобретения товаров первой категории при наличии даже малых средств люди не могут.

При достижении значения $Q_{I,0}(r)$ функция спроса растет медленно. Этот рост связан с изменением ассор-

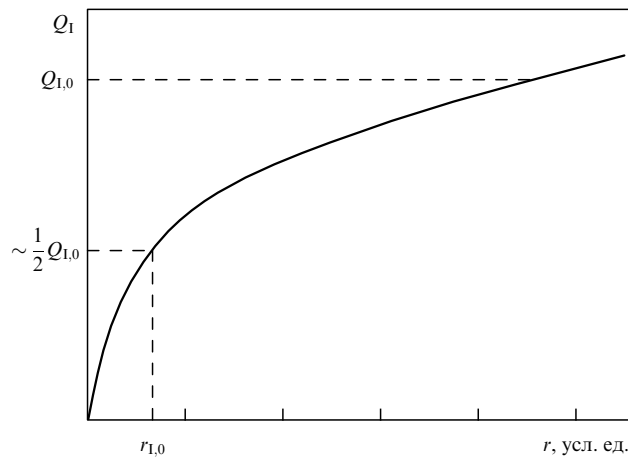


Рис. 1. Зависимость функции спроса на товары первой необходимости (I-й категории) Q_I от покупательной способности накоплений $r = U/p$ (U — имеющиеся денежные средства, p — цена).

тимента, престижем и т.п., т.е. с тем, что называется "человеческим фактором". Отсюда следует, что при $r = 0$ функция $Q_I(r) = 0$ и далее возрастает, но медленнее, чем линейно, т.е. является всюду выпуклой (что и показано на рис. 1). Ее удобно представить в аналитической форме

$$Q_I(r) = Q_{I,0} \left[\frac{r}{r + r_{I,0}} + \varepsilon_1 r \right]. \quad (1)$$

Параметр ε_1 отражает наличие товаров одного вида, отличающихся по качеству и цене. Он мал и при небольших r мало влияет на вид $Q_I(r)$.

Функция спроса на товары второй категории $Q_{II}(r)$, график которой приведен на рис. 2а, аналитически описывается формулой вида

$$Q_{II}(r) = \Theta(r - r_{\min}) \left[Q_{II,0} \frac{r - r_{\min}}{(r - r_{\min}) + r_{II,0}} + \varepsilon_2(r - r_{\min}) \right], \quad (2)$$

где

$$\Theta(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ 1 & \text{при } x > 0. \end{cases}$$

Функция Q_{II} обладает следующими свойствами:

- 1) она имеет пороговый характер. Это значит, что при недостатке средств (или высокой цене, т.е. при $r < r_{\min}$) люди отказываются приобретать товары II-й категории;
- 2) функция практически не насыщаема. Это свойство в эволюционной экономике играет важную роль [21]. Поэтому обсудим его детальнее.

Товары всех категорий (и, особенно, второй) разнообразны. Спрос на определенный товар насыщаем и даже может падать с ростом покупательной способности за счет вытеснения его товарами той же категории. Это происходит при появлении новых товаров, функционально тождественных уже имеющимся. Как правило, качество новых товаров выше. Часто, однако, вытеснение происходит без повышения качества, за счет рекламы и моды. Функция спроса на агрегированный продукт включает все товары, в том числе и новые. Ненасыщаемость этой функции — следствие обновления ассортимента или, что то же, эволюции техники и экономики. Без этого ненасыщаемость может и отсутствовать [21]. При

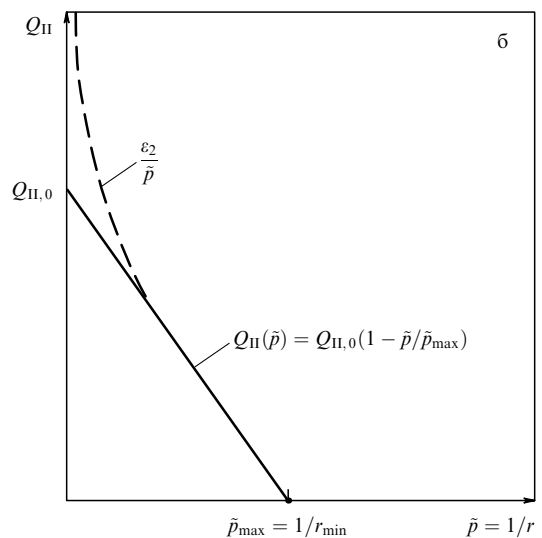
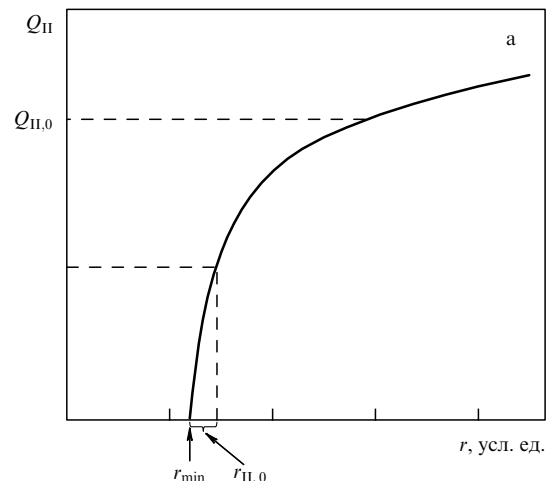


Рис. 2. (а) Зависимость функции спроса на товары II-й категории и элитные товары Q_{II} от покупательной способности r (современная Россия). (б) Зависимость функции спроса от условной цены $\tilde{p} = 1/r$. Прямая линия отражает пороговый характер функции спроса II-й категории. Штриховая — отступление от линейной формы, соответствующее ненасыщаемости.

больших значениях r потребление товаров и услуг II-й категории плавно переходит в элитарное потребление.

Важная характеристика функции $Q_{II}(r)$ — крутизна подъема, т.е. ее поведение вблизи значения $r = r_{\min}$. Этот параметр отражает чувствительность спроса к изменению цены и/или накоплений. Мерой чувствительности в экономике считается специальная величина — эластичность спроса по покупательной способности E_r . В данном случае

$$E_r = \frac{r}{Q} \frac{dQ}{dr} = \frac{d \ln Q}{d \ln r}. \quad (3)$$

Величина E_r согласно (2) при $r = r_{\min}$ формально бесконечна. При $r = 2r_{\min}$

$$E_r(r \approx 2r_{\min}) \simeq \frac{r_{\min} r_{II,0}}{(r - r_{\min})(r - r_{\min} + r_{II,0})} = \frac{2r_{II,0}}{r_{\min} + r_{II,0}}. \quad (4)$$

Таким образом, эластичность функции $Q_{II}(r)$ определяется параметром $r_{II,0}$.

Эластичность спроса по цене E_p связана с эластичностью по r соотношением

$$E_{\tilde{p}} = \frac{\tilde{p}}{Q} \frac{dQ}{d\tilde{p}} = -E_r. \quad (5)$$

Часто используют представление функции спроса как зависимость Q от условной цены $\tilde{p}$ (которая обратно пропорциональна покупательной способности: $\tilde{p} = p/U = 1/r$) в простейшей линейной форме [22, 23]. Этой форме соответствует зависимость $Q_{II}(r)$ в виде

$$Q_{II} = Q_{II,0}(1 - r_{\min} \tilde{p}), \quad (6)$$

приведенная на рис. 2б в координатах $\tilde{p}, Q$. Важно, что выражение (6) не описывает свойство ненасыщаемости, поэтому его можно использовать лишь в ограниченном интервале значений p . Для сравнения на рис. 2б штрихом представлено выражение (2), учитывающее ненасыщаемость.

Параметры функции $Q_{II}(r)$ отражают разные стороны "человеческого фактора", т.е. зависят от обычаев, сложившихся в обществе, рекламы, моды, пропаганды и т.п.

Параметр $r_{\min}$ отражает границу между потреблением товаров I-й и II-й категорий.

Величина $r_{I,0}$ характеризует поведение среднего класса. Люди этого слоя довольствуются товарами II-й категории среднего достоинства и не стремятся подражать элите. Это значит, что функция $Q_{II}(r)$ ведет себя сравнительно плавно и полого. В России средний слой практически отсутствует. Люди, едва добившиеся экономического успеха, стараются вести себя как "новые русские", подражая элите, и тратят средства на "имидж". Это значит, что функция $Q_{II}(r)$ поднимается достаточно круто. Такому поведению способствует пропагандистский лозунг, брошенный в начале реформ: "стыдно быть бедным". Как упоминалось, такое поведение является коллективным. От него не может отказаться даже человек, в личном плане достаточно скромный.

Параметр $Q_{II,0}$ описывает уровень жизни состоятельных людей в стране. В развитых странах это уровень жизни среднего слоя, в России — уровень жизни людей, подражающих "новым русским".

Величина ε_2 отражает рост спроса на элитные товары с увеличением накопленных средств. Она тоже различна в разных странах в зависимости от сложившейся обстановки.

Функцию спроса (и/или ее параметры) можно определить несколькими методами.

1. В социологии применяются методы опроса. Они дают прямую, но часто искаженную информацию и весьма трудоемки. В настоящее время в России функцию спроса невозможно получить только методами опроса.

2. Метод косвенных оценок основан на использовании статистических данных о доходах, ценах на разные товары и об объемах их производства. Эта информация более доступна и позволяет оценить некоторые параметры функций спроса.

3. Метод экспертных оценок широко применяется и в экономике, и в социологии. Он аналогичен консилиуму врачей при постановке диагноза. Собирается консилиум экономистов и социологов, и им предлагается оценить параметры функций спроса в данной стране, опираясь на свой опыт и интуицию. Часто эксперты делают оценки

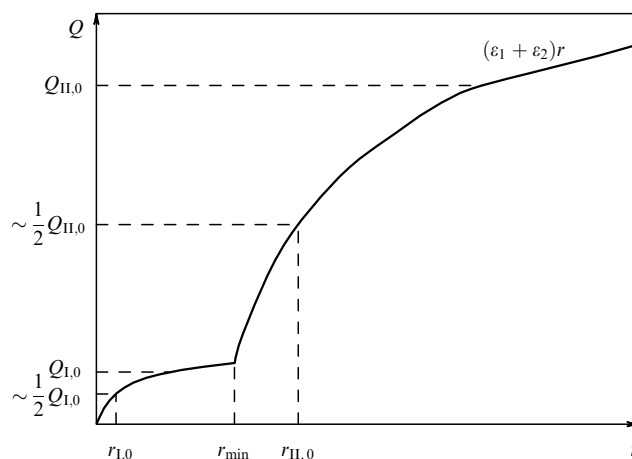


Рис. 3. Суммарная функция спроса $Q(r) = Q_I(r) + Q_{II}(r)$.

независимо друг от друга. Если большинство оценок совпадает, то эту величину можно принять за близкую к реальной.

Используя все три метода, можно воссоздать функцию спроса на товары первой необходимости $Q_I(r)$ достаточно однозначно. При этом оперируют такими величинами, как "прожиточный минимум" (ему соответствует параметр $Q_{I,0}$) и "продовольственная корзина". Затраты на питание в России составляют примерно половину всех затрат (включая одежду и коммунальные услуги). Поэтому можно принять, что покупательная способность, соответствующая "корзине", равна параметру $r_{I,0}$. Параметры функции спроса $Q_{II}(r)$ определить сложнее, и здесь большую роль играют экспертные оценки.

Удобно ввести суммарную функцию $Q(r)$:

$$Q(r) = Q_I(r) + Q_{II}(r), \quad (7)$$

которая представлена на рис. 3. По оси ординат отложен суммарный спрос на товары I-й и II-й категорий. Можно сказать, что это спрос на суперагрегированный продукт. Соотношение товаров разных категорий в суперагрегате зависит от покупательной способности. Из рисунка 3 видно, что при $r < r_{\min}$ спросом пользуются лишь товары первой необходимости. При $r > r_{\min}$ потребляются товары как I-й, так и II-й категории (а также элитные).

Для дальнейшего важно отметить, что функция $Q_I(r)$ всюду выпуклая, функция $Q_{II}(r)$ выпуклая лишь в области своего существования, но в интервале $0 < r < \infty$ она, строго говоря, не выпуклая, а имеет сигмоидный характер. Функция $Q(r)$ в общем случае не является всюду выпуклой.

2.2. Производственная функция

Производственная функция $F(r, n, \tau)$ определяется как количество продукта F , произведенного за единицу времени τ , в зависимости от числа людей n , занятых в производстве, и от вложенных средств. За единицу времени принимают длительность производственного цикла (ее называют временем оборота τ). Вложенные средства, идущие на погашение производственных затрат, называются оборотными и исчисляются в денежных единицах.

В экономике принято разделять средства, вложенные в труд (т.е. зарплату) T , и капитал K . Под последним понимаются средства, вложенные в новое оборудование. Такое разделение удобно при решении вопроса, что выгоднее: увеличивать производительность труда за счет новых технологий или за счет интенсификации труда и/или увеличения числа работающих. Традиционные затраты на исходный продукт (сырье), энергообеспечение и транспорт (не связанные с инновациями) при таком подходе следует отнести к "труду", поскольку эти затраты преследуют цель не замещения труда, а обеспечения его необходимыми условиями.

В начале XX века была предложена эмпирическая формула Кобба–Дугласа [20, 24]

$$F(r, n, \tau) = K^\alpha T^{1-\alpha}, \quad (8)$$

где $\alpha \ll 1$ — эмпирический параметр, а величина

$$T = n(P + P^*). \quad (9)$$

Здесь P — зарплата и P^* — традиционные издержки в расчете на одного работающего.

Из (8) следует, что производственная функция возрастает с увеличением T медленнее, чем линейно, так, что отношение F/T падает. Смысл этого прост: при наличии производственных мощностей (т.е. при T порядка K) количество произведенного продукта пропорционально вкладываемым средствам. Однако при заданной и постоянной технологии и увеличении традиционных затрат рост производительности замедляется.

В действительности рост количества продукта, производимого одним работающим, не только замедляется, но и имеет верхний предел, который определяется уровнем технологии и организации производства. Формулой Кобба–Дугласа этот эффект не описывается. В дальнейшем мы будем использовать другую, более простую форму производственной функции:

$$F(V, n, \tau) = n\tilde{F}\left(\frac{V}{n}, \tau\right) = \begin{cases} n \frac{V}{n\tau} = \frac{r}{\tau} & \text{при } \frac{r}{n\tau} \leq F_{\max}, \\ nF_{\max} & \text{при } \frac{r}{n\tau} \geq F_{\max}, \end{cases} \quad (10)$$

где $F_{\max}$ — максимальное количество продукта, производимого одним работающим, V — оборотные средства и V/n — оборотные средства в расчете на одного работающего. Здесь $r = V/p$.

В (10) принято, что при малых оборотных средствах и неполном использовании производственных мощностей функция $F(r)$ растет пропорционально r , но до некоторого предела, определяемого уровнем технологии, организацией производства и физическими способностями работающих. Производственная функция $F(r)$ (10) представлена на рис. 4.

Роль "человеческого фактора" в производственной функции тоже существенна. Она проявляется в отношении к труду, его организации и рабочей дисциплине. Эти факторы отражаются параметрами $F_{\max}$ и τ .

3. Экономическая структура общества

Под экономической структурой общества (ЭСО) понимается распределение элементов общества (т.е. семей) по ликвидным накоплениям $\rho(U)$ [25, 27]. Здесь U —

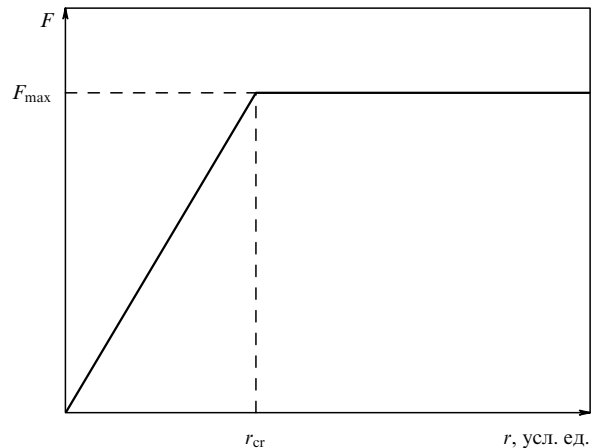


Рис. 4. Зависимость производственной функции от вложенных (оборотных) средств r . Наклонный участок отражает рост производства при увеличении вкладываемых средств. Этот рост ограничен сверху. Величина $F_{\max}$ — максимально возможный уровень производства (при данном уровне технологии), когда производственные мощности задействованы полностью.

накопления (в условных единицах) и $\rho(U)$ — доля людей, накопления которых находятся в пределах от U до $U + \Delta U$ (т.е. плотность распределения). Ликвидными считаются накопления в денежных единицах и ценных бумагах, которые могут быстро и без потерь конвертироваться в деньги. Имущество, т.е. машина, квартира, дома и т.п., не входит в ликвидные накопления.

Используется также другая, близкая по смыслу характеристика — распределение семей по доходам $\rho(y)$, где y — доходы семей в единицу времени. Распределения $\rho(U)$ и $\rho(y)$ различны, хотя и связаны друг с другом (см. ниже).

Функции $\rho(U)$ и $\rho(y)$ можно найти, используя упомянутые выше методы (опрос, анализ данных и экспертные оценки). В развитых странах, где налоговая система хорошо организована, распределение по доходам непосредственно определяется по налоговым декларациям. Распределение по накоплениям можно получить из анализа вкладов. В России эти методы дают заведомо неверные результаты и более эффективны метод реконструкции ЭСО по косвенным данным и экспертные оценки.

В социологии вместо распределений $\rho(U)$ и $\rho(y)$ используется так называемая кривая Лоренца [22]. Она представлена на рис. 5 и построена следующим образом. Общество разбивается на ряд частей, содержащих одинаковое количество элементов (семей или людей)². Принято разбивать на 5 частей (тогда каждая часть называется квинтилей) или на 10 частей (децилий). Отрезок абсциссы разбивается на соответствующее число интервалов. В каждой части помещаются элементы, накопления которых больше минимального и меньше максимального (для данной части). Эти накопления откладываются по оси ординат. В результате получается ломаная линия. Соответствующая ей непрерывная линия представляет собой кривую Лоренца.

² В общем случае эти части могут быть и неодинаковыми (см. [22]), однако широкое распространение получил метод разделения на равные части.

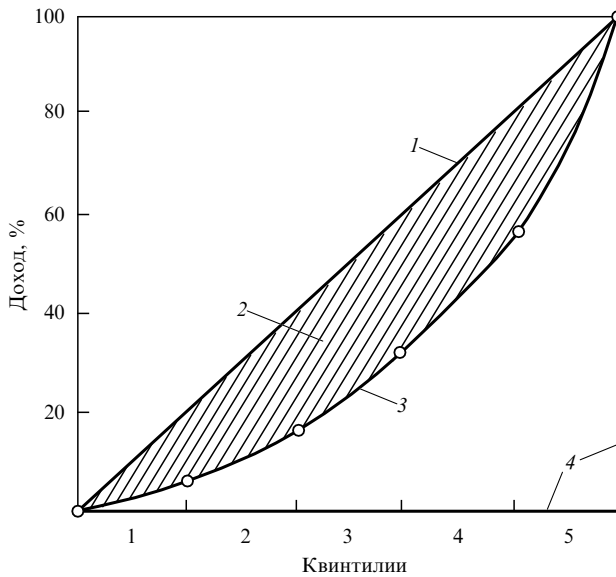


Рис. 5. Кривая Лоренца [22]: 1 — линия абсолютного равенства, 2 — отклонение от абсолютного равенства, 3 — фактическое распределение дохода в США (1959 г.), 4 — линия абсолютного неравенства.

По построению кривая Лоренца представляет собой зависимость накоплений $U(N)$ от числа семей N , имеющих накопления от U и ниже. Обратная функция

$$N(U) = \int_0^U \rho(u') du',$$

отсюда

$$\frac{dN}{dU} = \rho(U) = \frac{1}{dU(N)/dN}. \quad (11)$$

Этим определяется связь кривой Лоренца $U(N)$ с распределением по накоплениям. Аналогично можно построить кривую Лоренца по доходам.

В социологии кривая Лоренца используется для характеристики экономической поляризации общества. Для этого вводится индекс поляризации (индекс Джини), равный отношению средних накоплений в наиболее богатой децилии к накоплениям в наиболее бедной. Принято, что если это отношение больше 15, то в обществе возникает социальная напряженность.

Роль ЭСО в экономике до недавнего времени недооценивалась. Ниже мы покажем, к каким последствиям это приводит.

Распределение по доходам $\rho(y)$ получить проще, что и было сделано в [28], однако достоверность его в области больших доходов спорна.

В [25–27] предложена математическая модель, позволяющая реконструировать $\rho(U)$ по косвенным данным. Эта модель, будучи динамической, может давать тренд эволюции ЭСО, однако основное ее назначение — служить инструментом реконструкции ЭСО. В модели использовано уравнение баланса доходов и расходов семей с учетом случайных факторов:

$$\frac{dU}{dt} = P(U) - Q_I(U) - Q_{II}(U) + g\xi(t), \quad (12)$$

где $Q_I(U)$ и $Q_{II}(U)$ — функции спроса, $P(U)$ — доходы семьи, $\xi(t)$ — случайная функция единичной амплитуды,

g — коэффициент, отражающий величину случайных потерь (или приобретений). Функция доходов $P(U)$ зависит от рода деятельности и потому различна для разных групп общества.

Для рабочих и служащих, получающих фиксированную зарплату, величина P постоянна и от U не зависит. Зарплата разных групп населения различна. Условно можно выделить две группы: низко- и высокооплачиваемые. Информация о распределении по зарплате доступна, и она используется в модели в качестве косвенных данных.

Доход предпринимателей зависит от вложенных средств и в первом приближении пропорционален им:

$$P(U) = A[1 + a\xi(t)]U + P_0. \quad (13)$$

Здесь AU — разность между выручкой и издержками, т.е. прибавочная стоимость. Параметр A — коэффициент добавочной стоимости. Значения A , вообще говоря, различаются для разных людей (т.е. A тоже является распределенным параметром), но эти различия невелики (т.е. это распределение достаточно узкое). Характерное значение A играет роль косвенного признака, и информация об этой величине тоже доступна. P_0 — малый постоянный доход. До реформ все люди, в том числе и занимавшиеся активной деятельностью, числились на службе и получали зарплату P_0 , малую по сравнению с их реальными доходами.

Величина $a\xi(t)$ отражает случайные процессы при производстве и/или реализации товара.

Для реконструкции $\rho(U)$ достаточно решить уравнение (12) для каждой группы населения и затем полученные результаты усреднить по группам. Уравнение (12) является ланжевеновским и эквивалентно уравнению Фоккера – Планка

$$\frac{\partial \rho_i(U)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial U} \left\{ \frac{\partial V(U)}{\partial U} \rho_i(U) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial U} \left[G_i^2 \frac{\partial}{\partial U} - \rho_i(U) \right] \right\}, \quad (14)$$

где $\rho_i(U)$ — распределение по накоплениям в i -й группе;

$$V(U) = \int_0^U [P(U') - Q_I(U') - Q_{II}(U')] dU'. \quad (15)$$

Величину $V(U)$, как и в статистической физике, называют потенциалом, хотя в данном случае никакого отношения к энергии она не имеет. $G_i^2 = AaU + g$ — аналог коэффициента диффузии. Информацию о коэффициентах a и g удастся получить преимущественно методом экспертных оценок. Свойства функций спроса $Q_I(U)$ и $Q_{II}(U)$ уже обсуждались выше.

Стационарное решение уравнения (14) имеет вид

$$\bar{\rho}_i(U) = \rho_{i,0} \exp \left[-\frac{2V(U)}{G^2} \right], \quad (16)$$

где $\rho_{i,0}$ — нормировочный коэффициент, такой, что $\int \rho_i(U) dU = v_i$ (v_i — доля данной группы в обществе). Для групп с постоянными доходами $\bar{\rho}_i(U)$ — унимодальное распределение, близкое к нормальному. Максимум его соответствует минимуму "потенциала" U , т.е. нулю подынтегрального выражения в (15). Для низкооплачиваемых групп населения, где $P = P_1 < Q_{I,0}$, эта точка

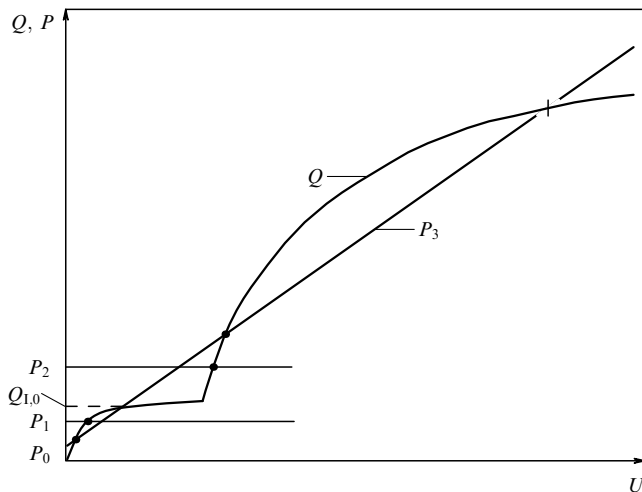


Рис. 6. Функции доходов $P(U)$ и спроса $Q(U)$ групп людей, имеющих малый постоянный доход $P_1 < Q_{1,0}$ (низкооплачиваемые), высокий постоянный доход $P_2 > Q_{1,0}$ (высокооплачиваемые) и малый постоянный доход P_0 и доход от активной деятельности, пропорциональный вложенным средствам U : • — устойчивые стационарные состояния; + — неустойчивые состояния.

соответствует пересечению линии $P_1 = \text{const}$ с функцией $Q(U)$. Люди этих групп тратят все доходы на товары первой необходимости.

Для высокооплачиваемых ($P = P_2 > Q_{1,0}$) это точка пересечения линии $P_2 = \text{const}$ с функцией $Q(U) = Q_I(U) + Q_{II}(U)$. Люди этих групп тратят доходы не только на повседневные нужды, но и на приобретение товаров второй категории.

Для групп, занимающихся предпринимательской деятельностью, максимумы $\bar{p}_i(U)$ приходятся на точки пересечения функции $P_3(U) = AU + P_0$ и функции спроса $Q(U)$. На рисунке 6 приведены графики этих функций. Видно, что точек пересечения может быть несколько. Точки, помеченные +, соответствуют минимумам "потенциала" и точки • — максимумам.

Функция $\rho(U)$ имеет два максимума: при $\bar{U}_1$ и $\bar{U}_2$. Первый относится к предпринимателям, которые не смогли получить стартовый капитал (их образ жизни соответствует низкооплачиваемым слоям населения). Второй максимум — к удачливым бизнесменам (их образ жизни такой же, как и у высокооплачиваемых слоев населения).

Из рисунка видно, что может возникнуть третья группа активного населения, где накопления превышают величину $\bar{U}_3$. В рамках модели в этой группе вообще не существует стационарного состояния, поскольку доходы всегда превышают расходы, учитываемые функцией потребления $Q_{II}(U)$. Эту группу можно условно назвать "убегающий хвост" по аналогии с похожим явлением в физике. Реально доходы и накопления этой группы либо ограничиваются государством, либо переводятся в другие страны (с чем и связан отток капитала), либо переводятся в другие формы накоплений (драгоценности, предметы роскоши и т.п.). С учетом этих факторов распределение в области "хвоста" можно рассматривать как стационарное. Однако выражением (16) оно уже не описывается. В экономике с этим явлением столкнулись уже сравнительно давно. Известный экономист Парето на основании эмпирических

данных предложил в области "хвоста" использовать распределение типа

$$\rho_i(U) = \frac{\chi}{U^v}, \quad (17)$$

где v — показатель порядка; $v = 1-2$. Распределения типа Парето имеют место не только в экономике, но и в биологии, и физике в неравновесных процессах [29, 30].

В экономике наиболее распространено распределение Парето с показателем $v \simeq 2$ [30]. Именно это распределение в области "хвоста" мы будем использовать ниже.

В заключение раздела отметим, что по свойствам функция $\rho(U)$ похожа на распределение частиц в потенциальном поле $V(U)$ при "температуре" $kT = G^2$. Иными словами, люди стремятся скопиться в областях минимума "потенциала". Возникает вопрос: почему же люди со свободой воли, желаний и стремлений ведут себя, как бездушные молекулы (круглые шары)? Ответ прост: разумеется, люди не круглые шары (хотя чем-то и похожи), поэтому их желания и стремления необходимо учитывать, что, собственно, и делается при формулировании функции спроса. После этих (и только после этих) замечаний можно сказать, что для описания поведения людей разумно использовать методы развития, применяемые в физике. Последнее тоже не удивительно: эти методы для того и были созданы, чтобы можно было их применять для решения разных задач в весьма различных областях науки.

3.1. Примеры реконструкции ЭСО в СССР и России

Изложенная выше математическая модель использовалась для реконструкции ЭСО в Советском Союзе и России в период от 1987 г. до наших дней. В это время параметры модели изменялись, что позволило проследить динамику ЭСО. Подробное описание содержится в работах [25, 31, 32]; здесь приведем и обсудим результаты.

В Советском Союзе до распада и реформ частное предпринимательство было формально запрещено. Во время перестройки часть запретов была снята, но на ЭСО это не успело серьезно повлиять. Реально группа низкооплачиваемых, но активных людей существовала. В нее входили работники торговли и снабжения, а также "владельцы" теневых предприятий. Дело в том, что торговля и снабжение требуют наличия нерегламентированного резерва средств. Такие запасы были запрещены законом. Тем не менее страна жила, и, следовательно, резервы порядка 30–40 тыс. руб. у торговых работников были. Торговля во всех странах сопряжена с риском. В Советском Союзе риск имел криминальный характер. Поэтому доля людей, занятых торговлей, была несколько меньше, чем в развитых странах и чем в России в настоящее время.

В условиях плановой экономики цены p были относительно стабильны, поэтому покупательная способность $r = U/p$ была пропорциональна накоплениям. Поскольку ЭСО в Советском Союзе формировалась много лет, мы приняли ее стационарной. Структура приведена на рис. 7. Видно, что она бимодальна и горбы раздвинуты достаточно сильно, так что отношение положений максимумов составляет $D = U_{II}/U_I \simeq 70$. Ниже мы покажем, что бимодальность ЭСО имеет очень важное значение в переходных процессах. Главную роль в бимодальной ЭСО играли два параметра:

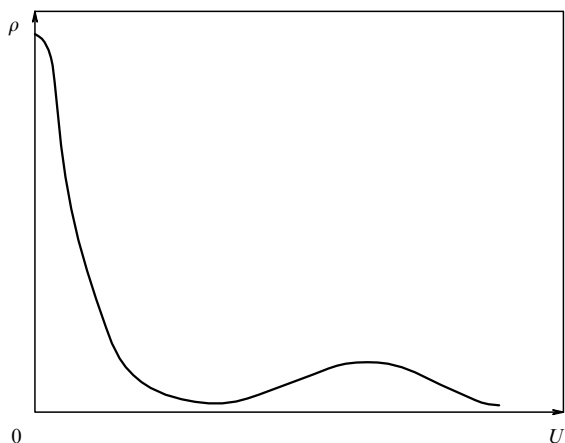


Рис. 7. Экономическая структура общества в Советском Союзе до реформ (1987 г.). Реконструирована с помощью модели в [25].

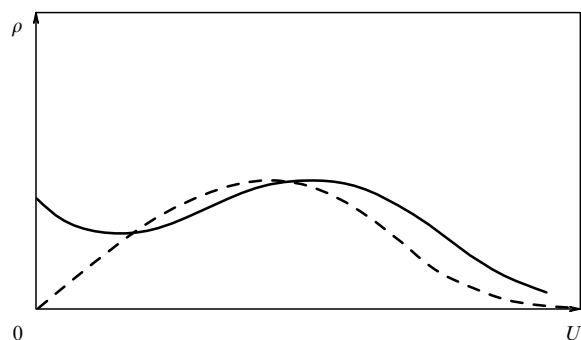


Рис. 8. Экономическая структура общества в развитых странах, реконструированная с помощью модели в [25] (сплошная кривая). Распределение по ликвидным накоплениям в Японии по данным [33] (штриховая линия).

зарплата (для большинства людей она была ниже $Q_{1,0}$) и порог приобретения товаров II-й категории $r_{\min}$ (он был достаточно высоким). Группы, входящие в первый и второй горб, отличались по социальному составу и функциям: в группу "богатых" преимущественно входили работники торговли, науки, культуры, а также офицеры. Средний класс практически отсутствовал. До реформ "убегающий хвост" тоже отсутствовал.

Для сравнения на рис. 8 приведена ЭСО в развитых странах, рассчитанная по той же методике. Она унимодальна, иными словами, основная часть общества (независимо от характера доходов) входит в так называемый средний слой. Этот результат связан с тем, что зарплата в развитых странах выше, чем $Q_{1,0}$, а пороговое значение $r_{\min}$ ниже, чем в Советском Союзе.

ЭСО в Японии (см. рис. 8) получена на основе анализа банковских вкладов [33]. Видно, что имеет место качественное согласие. Эти результаты мы привели для демонстрации того, что модель может работать в широком диапазоне параметров и при разных параметрах выдает качественно различные результаты.

ЭСО в России в 1993 и 1995 гг. (рис. 9) рассчитаны по модели. По оси абсцисс отложены накопления в условных единицах, поскольку цены в этот период менялись очень быстро. За единицу принята стоимость "продовольственной корзины". В этих единицах накопления U фактически совпадают с покупательной способностью r .

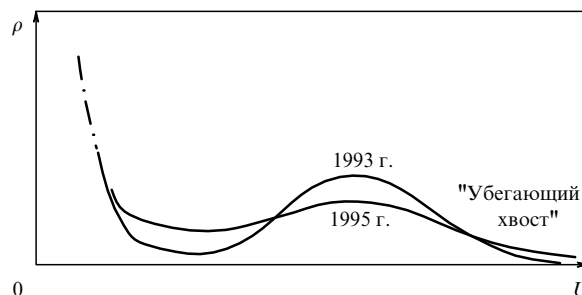


Рис. 9. Экономическая структура общества в России в 1993 и 1995 гг. Реконструирована с помощью модели в [36].

В годы реформ параметры как доходов, так и расходов существенно изменялись, в связи с чем изменялась и структура общества. При этом поляризация общества увеличилась и, кроме того, начиная с 1992–1993 гг. в ЭСО появился "убегающий хвост". Согласно нашим оценкам, в "хвост" входит очень небольшая группа людей, которой принадлежит более половины всех ликвидных средств страны. Наиболее богатую часть этих людей сейчас называют олигархами. Были оценены доходы этой группы и сделан вывод: основная часть доходов утекает за рубеж, поскольку вкладывать их в экономику России невыгодно. Объем оттока капитала в 1992–1995 гг., по нашим оценкам, составлял около 20 млрд долл. в год [37].

В последующие годы экономическая поляризация общества в России возрастала.

На рисунке 10 приведена ЭСО в России в 1999 г. По оси абсцисс отложено отношение накоплений U к величине месячного прожиточного минимума U_0 . "Убегающий хвост" на рис. 10а не заметен в связи с малочисленностью этой группы. Более четко он проявляется в величинах $\rho(U/U_0)$ (рис. 10б), где принято, что распределение в области "хвоста" подчиняется закону Парето

$$\rho\left(\frac{U}{U_0}\right) \approx \frac{\rho_0}{U^2}. \quad (18)$$

Видно, что "убегающий хвост" распространяется на несколько порядков в интервале от $U_1/U_0 = 10^3$ до $U_2/U_0 = 10^6$.

Для сравнения на рис. 10в приведено распределение по доходам $\rho(y/y_0)$ в России примерно в то же время, полученное в [28]. Оно также бимодально, хотя "богатый" горб выражен менее ярко, чем в распределении по накоплениям. Смысл этого прост: в рамках модели у людей, имеющих доход, хотя бы немного превышающий величину $Q_{1,0}$, накапливаются средства и они попадают в "богатый" горб. Бимодальность четко проявляется в распределении величины $(y/y_0)\rho(y/y_0)$, представленной на рис. 10г.

Люди, доход которых превышает $Q_{1,0}$, попадают в "хвост". В работе [28] прямая информация о "хвосте" отсутствует. На рисунке 10г принято, что в "хвосте" имеет место распределение типа Парето (с $\nu = 2$), простирающееся от $y/y_0 = e^6$ до $y/y_0 = e^{14}$. Этот интервал качественно соответствует приведенному выше интервалу накоплений при условии, что годовой доход составляет примерно 10 % от накоплений.

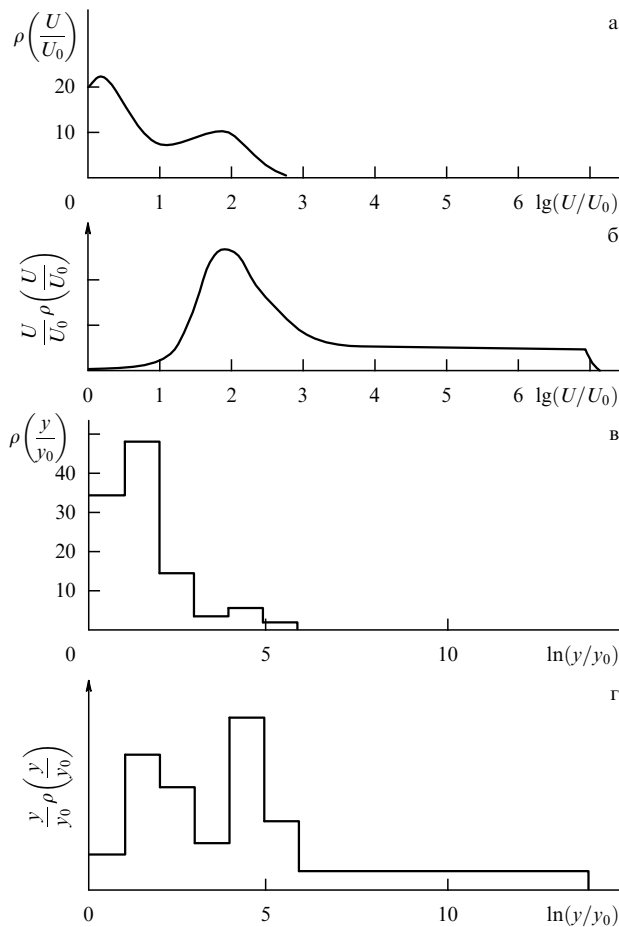


Рис. 10. (а) Экономическая структура общества в России в 1999 г. По оси абсцисс отложен $\lg(U/U_0)$, где U_0 — месячный прожиточный минимум, по оси ординат — $\rho(U/U_0)$, т.е. число семей в интервале $\Delta \lg(U/U_0) = 3,16$, млн. (б) По оси ординат отложена величина $(U/U_0)\rho(U/U_0)$ (т.е. первый момент распределения) в условных единицах. (в) Распределение семей по доходам $\rho(y/y_0)$ (на основании данных работы [33]). По оси абсцисс — $\ln(y/y_0)$, где y_0 — доход, соответствующий прожиточному минимуму, по оси ординат — число людей в интервале $\Delta \lg(y/y_0) = 1$, %. (г) По оси ординат отложена величина $(y/y_0)\rho(y/y_0)$ — первый момент распределения. Принято, что в интервале $\ln(y/y_0)$ от 6 до 13 имеет место распределение Парето с показателем $\nu = 2$.

За последние годы (1999–2001) распределения по накоплениям и доходам качественно не изменились. Увеличились лишь величины U_0 и y_0 за счет повышения минимальных доходов (в денежном выражении). В современной России $U_1 = 300$ тыс долл. и $U_2 = U_{\max} = 300$ млн долл. В области $U > U_2$ распределение теряет смысл, поскольку за этим пределом остается небольшое число людей (порядка 30 семей), накопления которых порядка миллиарда долларов. В распределении по доходам убегающий "хвост" простирается от $y = 30$ тыс долл. в год до $y = 30$ млн долл. в год.

3.2. Роль ЭСО в экономике

Распределения по накоплениям и доходам используются в социологии и экономике при решении следующих проблем. В социологии поляризация общества (и индекс Джини) рассматривается как один из признаков социальной напряженности. Эта тема представляет самостоятельный интерес и выходит за рамки нашего обзора. В

экономике эти распределения играют важную роль в налоговой системе, в вопросе ценообразования и в проблеме адресной эмиссии денег. Рассмотрим их по порядку.

Цель налоговой системы — обеспечить максимальные поступления в бюджет при дополнительном условии: сохранении высокой рентабельности производства, платежеспособного спроса, уровня жизни людей и социальной стабильности. Налогообложению подлежат юридические лица (т.е. организации, занятые в производстве, торговле и других видах деятельности) и физические лица (т.е. люди).

Налогообложение юридических лиц непосредственно влияет на рентабельность производства, но от ЭСО зависит лишь косвенно. К этому вопросу мы вернемся позже.

Налогообложение физических лиц (налог на личное имущество, подоходный налог и т.п.) прямо зависит от экономической структуры общества. Смысл зависимости прост: налог нужно взимать с людей, у которых есть деньги, и нельзя взимать с тех, у кого их нет.

Во всех странах (за исключением современной России) налогообложение прогрессивно. Это значит, что доля доходов $\chi(y)$, изымаемая в форме подоходного налога, увеличивается с их ростом. То же относится и к налогам на имущество и капитал. Оптимальное (в упомянутом выше смысле) налогообложение зависит от распределений $\rho(y)$, $\rho(U)$. Это значит, что обложение должно быть более прогрессивным при высокой поляризации общества. Ясно, что налоговая система должна отслеживать изменения функций распределения $\rho(y)$, $\rho(U)$, т.е. изменяться вместе с ними.

Обычно в спокойные периоды развития эти распределения изменяются медленно и налоговая система практически стабильна. Это важно, поскольку стабильность налоговой системы позволяет людям планировать свое экономическое поведение на достаточно длительный срок. Однако в кризисные периоды ситуация меняется быстро и налоговая система должна реагировать на эти изменения. Особенно важно вовремя отследить ситуацию в правой части распределения, т.е. в области "хвоста".

Возникает вопрос: какая система налогообложения разумна в современной России? В первую очередь речь идет о подоходном налоге с физических лиц. Этот вопрос уже обсуждался в [34]. Предельный вариант — конфискация сверхбогатых накоплений — возможен и разумен, но может вызвать социальную напряженность. Вариант, в котором высшая ставка обложения порядка 80%, уже был опробован в США во время выхода из великой депрессии и там не привел к дестабилизации. По нашим оценкам, в этом случае обложение "хвоста" могло бы дать в бюджет России в 2001 г. дополнительно порядка 7–10 млрд долл. Эта величина составляет лишь часть оттока капитала и, следовательно, не должна вызвать ни социального напряжения, ни отрицательных последствий для экономики.

Впрочем, имея распределения по накоплениям и доходам, каждый читатель может при желании сам предложить вариант прогрессивного налогообложения и провести соответствующие оценки.

Из изложенного видно, какова роль ЭСО в целом и особенно "убегающего хвоста" в налогообложении. Подчеркнем, что традиционные в экономике методы

анализа ЭСО — диаграмма Лоренца и индекс Джини — не отражают роли "убегающего хвоста" ввиду малочисленности группы людей, им описываемой.

Мы специально не обсуждаем социальные, этические и политические аспекты проблемы, хотя последние здесь играют определяющую роль.

3.3. Роль ЭСО в ценообразовании

Обсудим вопрос, при каких условиях свободный рынок может регулировать цены и при каких необходимо вмешательство государства и/или общества. Рассмотрим, следуя [35], ценообразование в условиях действия принципа максимальной прибыли (или, что то же, принципа равенства предельного дохода и предельных затрат). Эффект конкуренции мы пока не будем учитывать по следующим причинам. Во-первых, конкуренция реально отсутствует, если товары и услуги производятся в естественных монополиях. Речь идет об электроэнергии, теплоносителях и услугах транспорта и связи. Во-вторых, в случае, когда товар производят несколько фирм (так называемая олигополия), их оптимальной стратегией является сговор [36] и тогда они выступают как монополия. Во избежание этого создаются антимонопольные законы. Отметим, что такие законы уже являются средством государственного регулирования, не единственным и не самым эффективным. Возможны и другие меры, которые мы обсудим позже. Наконец, отсутствие конкуренции является предельным случаем, свойства которого полезно знать при обсуждении проблемы в целом.

Прибыль от производства и реализации товара зависит от цены, функции спроса и от распределения семей по накоплениям (т.е. ЭСО) $\rho(U)$ или дохода $\rho(y)$. При определении объема платежеспособного спроса в разных слоях общества используются как $\rho(U)$, так и $\rho(y)$. В бедной части общества практически все средства уходят на поддержание жизни (закупку товаров первой необходимости). При этом покупательная способность зависит от дохода. Однако в этой области распределение по доходам практически совпадает с распределением по накоплениям, так что можно использовать любое из них. В средней и богатой частях общества большая часть средств тратится на приобретение предметов долговременного пользования и элитарных товаров, для чего нужны накопления. Поэтому покупательная способность этих слоев зависит не от доходов в данный момент (т.е. $\rho(y)$), а от накоплений (т.е. $\rho(U)$). Далее будем использовать распределение $\rho(U)$.

Прибыль Π равна разности валового дохода R_T и общих издержек C_T :

$$\Pi = R_T - C_T. \quad (19)$$

Валовой доход зависит от цены p , величины Q_T и общих издержек C_T , где Q_T — полное количество произведенного (и реализованного) продукта:

$$Q_T = \int_0^\infty Q(U, p) \rho(U) dU. \quad (20)$$

Общие издержки C_T состоят из постоянных (C_F) и переменных (C_V): $C_T = C_F + C_V$. Первые включают затраты на поддержание производства в рабочем состоянии. Переменные издержки включают зарплату, затраты на сырье, комплектующие изделия и их транспорти-

ровку. В первом приближении они пропорциональны количеству произведенной продукции: $C_V = sQ_T$, где s — переменные удельные издержки. С учетом сказанного прибыли

$$\Pi = pQ_T - sQ_T - C_F. \quad (21)$$

Величины s и C_F в общем случае зависят от цены p . Однако эта зависимость слаба, и мы будем считать s и C_F постоянными.

Максимум прибыли достигается при цене p_{opt} , которая удовлетворяет условию

$$\frac{d\Pi}{dp} = \int_0^\infty Q(U, p) \rho(U) dU + p \int_0^\infty \frac{dQ}{dp} \rho(U) dU - s \int_0^\infty \frac{dQ}{dp} \rho(U) dU = 0. \quad (22)$$

Вопрос о ценообразовании удобно рассмотреть отдельно для случаев функции потребления I-й и II-й категорий.

Спрос на товары и услуги первой необходимости описывается функцией $Q_1(r)$, которая, как упоминалось, является всюду возрастающей и выпуклой, т.е. удовлетворяет условиям

$$\frac{dQ_1}{dr} > 0, \quad \frac{dQ_1(r)}{dp} < 0, \quad \frac{d^2 Q_1(r)}{dr^2} < 0. \quad (23)$$

Нетрудно видеть, что в этом случае условие максимума прибыли (22) не может быть выполнено. Действительно, выражение (22) можно представить в форме

$$\begin{aligned} \frac{d}{dp} \Pi &= \int_0^\infty Q_1(U) \rho(U) dU + p \int_0^\infty \frac{dQ_1}{dp} \rho(U) dU - \\ &- s \int_0^\infty \frac{dQ_1}{dp} \rho(U) dU = \\ &= p \int_0^\infty Q_1(r) \rho(pr) (1 - E_r) dU - s \int_0^\infty \frac{dQ_1}{dp} \rho(U) dU, \end{aligned} \quad (24)$$

где E_r — эластичность спроса по покупательной способности, достигающая максимума при

$$\frac{dE_r}{dr} = \frac{d}{dr} \left(\frac{dQ_1}{dr} \frac{r}{Q_1} \right) = \frac{d^2 Q_1}{dr^2} \frac{r}{Q_1} + \frac{dQ_1}{dr} \frac{1}{Q_1} (1 - E_r) = 0. \quad (25)$$

Отсюда максимальное значение эластичности спроса

$$(E_r)_{\text{max}} = 1 + \frac{d^2 Q_1}{dr^2} r \left(\frac{dQ_1}{dr} \right)^{-1}. \quad (26)$$

Из условий (23) следует, что второй член в (26) отрицателен, эластичность всегда меньше единицы и, следовательно, выражение $1 - E_r$ в (24) всегда положительно. Последний член в (24) тоже всегда положителен. Таким образом, при производстве товаров и услуг первой необходимости прибыль как функция цены не имеет экстремума и монотонно увеличивается с ростом последней. Это утверждение остается в силе и в случае, когда постоянные и переменные издержки зависят от цены p [35], и справедливо при любой структуре общества; различны лишь детали зависимости. В унимодальном обществе прибыль быстро возрастает, до того как

цена достигнет значения $p = x_{\max}$, где $x_{\max}$ — накопления, соответствующие максимуму распределения $\rho(x)$, затем рост замедляется и прибыль стремится к асимптотическому пределу.

В бимодальном обществе картина качественно та же, но замедление роста прибыли происходит вблизи значения цены $p = U_{\max, 2}$, где $U_{\max, 2}$ — накопления, соответствующие правому горбу распределения, затем прибыль продолжает возрастать уже медленнее.

В обоих случаях максимальная прибыль достигается при предельно высокой цене. Это означает, что выгодно производить мало продукции, но продавать ее по очень высокой цене. Разумеется, такая стратегия неприемлема для общества в целом при любой его структуре.

На первый взгляд этот вывод кажется парадоксальным, но при более детальном анализе выясняется, что во всех странах, включая развитые, используются меры государственного регулирования не рыночного характера. В отсутствие таких мер цены на товары и услуги первой необходимости постоянно увеличиваются, что ведет к ценовой инфляции.

Конкретные меры зависят от характера товара (или услуг) и от структуры общества. Так, услуги по организации связи и транспорта в большинстве развитых стран осуществляются государством и цены на них фиксированы. В энергетике и производстве продуктов питания в зависимости от ситуации используются либо экономические меры (дотации, льготное и дифференцированное налогообложение), либо административные (ограничение цен, антимонопольные законы и т.п.). Использовать только антимонопольные законы (с целью искусственного создания конкуренции) явно недостаточно.

При образовании цен на промышленные товары долговременного пользования функция спроса не является всюду выпуклой: она имеет точку перегиба или, точнее, порог покупательной способности $r_{\min}$ (см. рис. 3). Анализ выражения (22), проведенный по аналогии с изложенным выше, приводит к следующим результатам (подробнее см. [35]).

Цена, соответствующая максимуму прибыли, p_{opt} может установиться (и стабилизироваться) без вмешательства государства. Однако эта цена существенно зависит от структуры общества, и ситуации в унимодальном и бимодальном обществе отличаются качественно. Бимодальное общество характеризуется четырьмя параметрами: двумя положениями максимума $U_{\max, 1}$ и $U_{\max, 2}$ и двумя дисперсиями σ_1 и σ_2 . Оно существенно отличается от унимодального, если $U_{\max, 2} \gg U_{\max, 1}$, $\sigma_1 \simeq U_{\max, 1}$ и $\sigma_2 < U_{\max, 2}$. Этот случай мы и рассмотрим.

Прибыль как функция цены тоже имеет два максимума. Первый достигается вблизи значения $p_{\text{opt}} \simeq U_{\max, 1}$ (или $p_{\text{opt}} \simeq \sigma_1$), второй — $p_{\text{opt}} \simeq U_{\max, 2}$. Однако в едином обществе не могут существовать две сильно отличающиеся друг от друга цены на один и тот же товар³. Поэтому устанавливается одна цена, обеспечивающая наибольшую прибыль.

В случае, когда $N_2 U_{\max, 2} \gg U_{\max, 1}$ (где N_2 — количество людей, входящих в "богатый" горб), наиболее

выгодной оказывается вторая цена, которая и устанавливается в обществе. При этом платежеспособный рынок включает только правый горб. Производство приспособляется к платежеспособному спросу и сокращается до уровня, удовлетворяющего только богатую часть общества. Таким образом люди, входящие в левый горб оказываются выключенными как из сферы потребления, так и производства. Чтобы избежать такой ситуации, необходимо жесткое государственное регулирование.

Практическое значение изложенных соображений важно в следующих аспектах.

1. Утверждение, что рыночные отношения всегда приводят к стабилизации цен, неверно. Без государственного вмешательства в производство и реализацию товаров и услуг первой необходимости цены на них непрерывно растут, т.е. возникает ценовая инфляция. Это не единственный источник инфляции, но в определенных условиях он становится главным.

2. Характер ЭСО особенно важен при переходе от плановой экономики к рыночной. В унимодальном обществе рыночные цены на товары второй категории устанавливаются сами на уровне, доступном для большинства людей. Если до этого "плановые" цены тоже были доступны большинству членов общества, то переход к рыночной экономике не ведет к деградации. В бимодальном обществе ситуация качественно иная. При переходе от плановой системы к рынку цены практически сразу устанавливаются на уровне, доступном лишь "богатой" части общества. Как упоминалось, в Советском Союзе распределение по накоплениям было бимодальным и максимумы горбов отличались в 70 раз. Примерно таким же был и скачок инфляции в 1992 г. Далее инфляция продолжала возрастать (и сейчас продолжает), но уже по другой, указанной выше причине.

3.4. Роль ЭСО при эмиссии денег (безинфляционная эмиссия)

Широко распространено мнение о том, что денежная эмиссия всегда ведет к инфляции. Это мнение верно отнюдь не всегда. Оно верно в унимодальном обществе в случае, когда эмитированные средства распределяются равномерно. Тогда распределение $\rho(U)$ смещается вправо и рыночные цены увеличиваются, т.е. имеет место ценовая инфляция.

В бимодальном обществе возможна иная ситуация, когда эмиссия адресуется в определенный слой общества и ведет не к повышению, а, напротив, к понижению цен. Такую эмиссию можно назвать безинфляционной. Этот случай подробно рассмотрен в [37]. Приведем основные результаты.

Если эмитированные деньги адресуются в правый край левого горба в достаточном количестве, то эти люди переходят в левый край правого горба. Максимум последнего смещается влево, что согласно изложенному выше должно привести к падению цен на товары второй категории. Реально адресатом могут быть работники бюджетной сферы (образования, науки, культуры, медицины), офицеры, квалифицированные рабочие, короче, те слои общества, которые до реформы входили в "богатый" горб.

Положительный эффект адресной эмиссии возможен при соблюдении следующих достаточно жестких условий:

- 1) эмитируемые средства попадут по адресу;

³ Известны примеры, когда разделение по имущественному признаку коррелирует с разделением по другим признакам (сословному, национальному и т.д.). Тогда "двухценовая" ситуация оказывается возможной. Мы, однако, этих случаев рассматривать не будем.

2) в стране имеется запас товаров и/или запас производственных мощностей, позволяющий быстро увеличить выпуск товаров вслед за повышением спроса на них.

Первое условие целиком зависит от соблюдения правовых норм и, в конечном счете, от эффективности государственного управления. В криминальной обстановке оно, разумеется, невыполнимо.

Второе условие зависит от состояния промышленности и на определенных стадиях развития (или деградации) вполне может реализоваться. В 1995 г. оно фактически было выполнено — имелся запас товаров, производственных мощностей (см. [37]), но при этом платежеспособный спрос был низок и выпуск промышленных товаров продолжал снижаться. Именно в этот момент адресная эмиссия могла бы повысить спрос и оживить экономику.

На рисунке 11 приведены результаты расчетов возможного изменения ЭСО в 1995 г. за счет адресной эмиссии [37]. Видно, что уже сравнительно умеренная эмиссия могла бы привести к ощутимым результатам: оживлению промышленности на 30 % при снижении цен на 40 % [37]. Столь оптимистические оценки выглядят нереально, но демонстрируют возможность адресной эмиссии без повышения цен (т.е. безинфляционной эмиссии). Эти результаты мы приводим в подтвержде-

ние положения, что адресная эмиссия в бимодальном обществе отнюдь не всегда приводит к инфляции и возможен положительный эффект от адресной эмиссии. Сейчас положение изменилось, но тем не менее вопрос об адресной эмиссии остается актуальным, и мы к нему еще вернемся.

4. Динамические модели макроэкономики

В теории развивающихся систем для описания какого-либо явления вначале строятся так называемые базовые (или минимальные) модели. Их цель — выяснить суть явления. Более детальные (имитационные) модели строятся на основе базовых. Такая последовательность построения моделей с успехом используется в биофизике [38].

Базовые модели должны быть максимально просты, содержать минимальное число динамических переменных и параметров. В теории катастроф этому соответствует условие минимальной коразмерности [39]. Поэтому рассмотрим сперва базовую модель.

4.1. Базовая модель рыночной экономики в закрытом обществе

В данном случае цель модели — выяснить, в каких состояниях может функционировать самодостаточная страна в условиях рыночной экономики и в отсутствие влияния других стран, сколько таких состояний и каковы переходы между ними. Слово "самодостаточная" означает, что страна располагает достаточными ресурсами и не нуждается в импорте и экспорте.

Базовая модель претендует на описание критических (кризисных) явлений, таких как исчезновение одного из стационарных состояний и переход в другие. Последнее может происходить, в частности, в результате изменения параметров. Процессы, обусловленные медленными изменениями параметров (за счет технических инноваций), рассматриваемая базовая модель не описывает. Этот вопрос остается прерогативой эволюционной экономики.

Такая постановка задачи в физике аналогична исследованию фазовых состояний и фазовых переходов в изолированной системе.

Слова "рыночная экономика" означают следующее.

Во-первых, цена продукта определяется балансом спроса и предложения.

Во-вторых, средства производства находятся в частных руках "владельцев". Эта группа людей (обозначим их число m) получает доходы от продажи произведенной продукции. Их расходы включают траты на личные нужды и производственные издержки. Другая группа людей — "трудящиеся" получает доходы в виде зарплаты и тратит их на личные нужды. Роль "владельцев" и "трудящихся" в обществе различна: первые активны, т.е. они могут подбирать некоторые параметры для максимизации либо прибыли, либо своих накоплений; вторые пассивны, т.е. на параметры не влияют. Траты на личные нужды определяются функцией спроса, издержки владельцев — производственной функцией, накопления как "владельцев", так и "трудящихся" — балансом доходов и расходов.

В-третьих, государство не участвует непосредственно в управлении экономическими процессами.

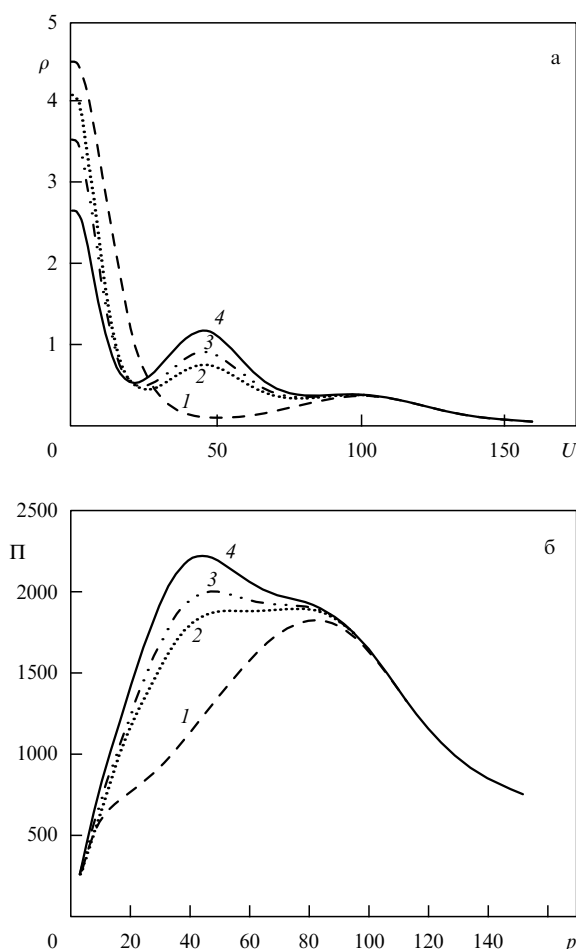


Рис. 11. (а) Влияние адресной эмиссии на ЭСО в 1995 г. при различных объемах эмиссии: 1 — эмиссия отсутствует, 2 — эмиссия 30 млрд рублей, 3 — 40 млрд рублей, 4 — 50 млрд рублей. Вычислено с использованием модели в [35]. (б) Зависимость прибыли от цены при соответствующих объемах эмиссии.

При формулировке базовой модели сделаем ряд упрощающих предположений.

1. Будем строить модель в так называемом одно-продуктовом приближении, которое часто используется в теоретической экономике (см. выше). Оно означает, что сырье, а также продукты всех категорий и услуги (транспорт, связь и т.д.) объединяются в один агрегированный продукт. Спрос на этот единый продукт определяется суммарной функцией спроса $Q(r)$. Производственные издержки в такой модели сводятся к выплате зарплаты.

2. Будем считать, что количество денег в обществе фиксировано и равно M . Это значит, что имеет место закон сохранения суммы накоплений "владельцев" (U_m) и "трудящихся" (U_n):

$$nU_n + mU_m = M, \quad n + m = N, \quad (26)$$

где N — число экономически активных людей, n — число "трудящихся", m — число "владельцев".

Параметр M обладает следующими свойствами.

При медленном (адиабатическом) изменении M , таком, что цена p и накопления успевают отследить эти изменения, состояние общества не меняется. Такое изменение фактически равносильно деминации. Быстрое изменение M может существенно повлиять на состояние общества, особенно, если эмитированные средства адресуются определенной группе (адресная эмиссия).

С учетом этих замечаний базовую модель можно представить в форме

$$\begin{aligned} \frac{dU_m}{dt} &= \frac{p}{m} \left[nQ\left(\frac{U_n}{p}\right) - nP_1 \right], \\ \frac{dp}{dt} &= \gamma \left[nQ\left(\frac{U_n}{p}\right) + mQ\left(\frac{gU_m}{p}\right) - F_m \right]. \end{aligned} \quad (27)$$

Здесь $P_1(U_m/p)$ — зарплата в натуральных единицах, которую выплачивают "трудящимся" "владельцы". При сдельной оплате труда зарплата пропорциональна количеству произведенного продукта:

$$nP_1 = hmF((1-g)r_m). \quad (28)$$

Коэффициент h меньше единицы и величина $(1-h)$ представляет собой добавочный продукт, g — доля накоплений владельцев, которую они тратят на личные нужды, F — производственная функция, зависящая от оборотных средств согласно (10). В данном случае оборотные средства

$$r = (1-g) \frac{U_m}{p} = (1-g) r_m,$$

γ — коэффициент, отражающий скорость установления рыночной цены.

Переменная U_n не является независимой и согласно (26)

$$U_n = \frac{M - mU_m}{n}. \quad (29)$$

Введем безразмерные переменные:

$$\begin{aligned} n' &= \frac{n}{N}, \quad m' = \frac{m}{N}, \quad U'_n = \frac{U_n}{\tilde{U}} = \frac{M - mU_m}{n\tilde{U}} = \frac{1 - m'U'_m}{n'}, \\ U'_m &= \frac{U_m}{\tilde{U}}, \quad p' = \frac{p}{p_0}, \end{aligned} \quad (30)$$

где $\tilde{U} = M/N$ — средние накопления, $p_0 = \tilde{U}/r_0$, r_0 — параметр функции спроса $Q(r)$ (см. формулу (1)). Далее примем $r_0 = 1$, т.е. будем измерять покупательную способность в единицах, обеспечивающих прожиточный минимум.

Для качественных исследований модели (27) удобно перейти к переменным $x = U'_m$ и $y = p^{-1}$. Тогда

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{1}{m'y} \left[n'Q\left(\frac{1-m'x}{n'}y\right) - m'hF((1-g)xy) \right], \\ \frac{dy}{dt} &= -y^2\gamma \frac{N^2}{M} \left[n'Q\left(\frac{1-m'x}{n'}y\right) + \right. \\ &\quad \left. + m'Q(gxy) - m'F((1-g)xy) \right]. \end{aligned} \quad (31)$$

В новых переменных $U'_n = (1 - m'x)/n'$. Далее штрихи опустим.

Фазовый портрет системы (31) представлен на рис. 12. Сплошные жирные линии — главные изоклины, где $dx/dt = 0$ и $dy/dt = 0$. Изломы на них соответствуют значениям, при которых производственная функция максимальна. Видно, что при использованных параметрах ($m = 0,3$; $n = 0,7$; $h = 0,1$; $\tau = 5$; $F_0 = 8$) имеется несколько устойчивых стационарных состояний. Первое расположено при значениях $\bar{x} = x_I, \bar{y} = y_I$, лежащих выше точек излома. В этом состоянии производственные мощности загружены полностью и его можно назвать высокопродуктивным (ВП).

Стационарное состояние при $\bar{x} = x_{II}, \bar{y} = y_{II}$ неустойчиво и через него проходит сепаратриса (штрихпунктирная линия).

Состояние $\bar{x} = x_{III}, \bar{y} = y_{III}$ устойчиво. Оно расположено ниже точки излома, и, следовательно, производственная функция в нем не максимальна. Его можно назвать низкопродуктивным (НП). В этом состоянии

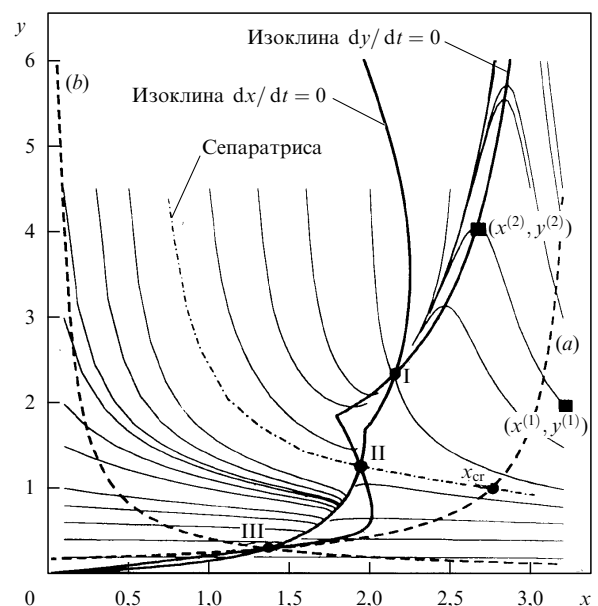


Рис. 12. Фазовый портрет базовой модели (31): жирные линии — главные изоклины, тонкие линии — траектории, штрихпунктирная линия — сепаратриса, штриховые линии — траектории смещения изображающей точки при эмиссии, адресованной "владельцам" (a) и "трудящимся" (b).

производственные мощности не загружены, оборотные средства "владельцев" ниже, чем в ВП состоянии, и цены продукта ($p = 1/y$) выше. Таким образом, уровень как производства, так и потребления всех слоев общества в НП состоянии ниже, чем в ВП.

При низких значениях x и y имеется еще два состояния (на фазовом портрете они сливаются): неустойчивое при $\bar{x} = x_{IV}$, $\bar{y} = y_{IV}$ и устойчивое при $\bar{x} = x_V = 0$, $\bar{y} = y_V = 0$. Последнее соответствует натуральному хозяйству, при котором товарное производство отсутствует. Оно отделено от НП состояния сепаратрисой, проходящей через точку (x_V, y_V) . Модель не претендует на детальное описание натурального хозяйства, однако описать возможный переход в него она может.

Тонкими сплошными линиями на рис. 12 представлены траектории движения изображающей точки системы (31) на плоскости x, y при разных начальных состояниях. Видно, что динамика достижения того или иного стационарного состояния не всегда монотонна. Так, при движении точки из начального состояния $(x^{(1)}, y^{(1)})$, где имеется избыток оборотных средств, величина y сперва (на участке до $(x^{(2)}, y^{(2)})$) возрастает (цена $p = 1/y$ падает), но затем (на участке от $(x^{(2)}, y^{(2)})$ до точки I) цена снова увеличивается. Смысл этого эффекта прост: сначала оборотные средства вкладываются в производство, образуется избыток продукта, и его цена падает. Затем, по достижении баланса спроса и предложения (т.е. на изоклине $dy/dt = 0$), первый по инерции растет, а второе падает. Цена снова возрастает вплоть до достижения равновесия в точке I .

Другим начальным условиям соответствуют траектории, также представленные на фазовом портрете рис. 12. При желании читатель может проследить движение изображающей точки по любой траектории, приведенной на рис. 12, и сам интерпретировать результаты. Наиболее интересны случаи, когда начальные условия близки к сепаратрисе. При этом даже малые сторонние влияния (например, собственного государства или других стран) могут привести к серьезным последствиям.

Подчеркнем, что главные изоклины и точки их пересечения не зависят от параметра γ . Наклоны траекторий (в том числе и сепартрисы) зависят от параметра γ существенно. При увеличении γ траектории располагаются более круто, при уменьшении — более полого. Вместе с тем знак угла наклона траектории от γ не зависит. Параметр γ определяет скорость установления равновесных цен. Он зависит от скорости сбора и обработки информации об объемах спроса, предложения, о распределении средств в обществе и т.п.

В данном случае (на рис. 12) принято $\gamma = 1$. Это значит, что скорость установления цен того же порядка, что и скорость установления баланса доходов и расходов. В действительности характерные параметры этих процессов могут отличаться в несколько раз.

На рисунке 12 жирным пунктиром проведены две линии — (а) и (б). Они важны для оценки эффекта адресной эмиссии, что мы обсудим позже.

Параметрический анализ модели (31) удобно провести, используя уравнение для стационарных состояний. Полагая $dx/dt = dy/dt = 0$, из (31) получаем

$$Q(gr_m) = (1 - h) F((1 - g) r_m). \quad (32)$$

В уравнение (32) входит только одна комбинация переменных x и y , именно $r_m = xy$. Левая часть предста-

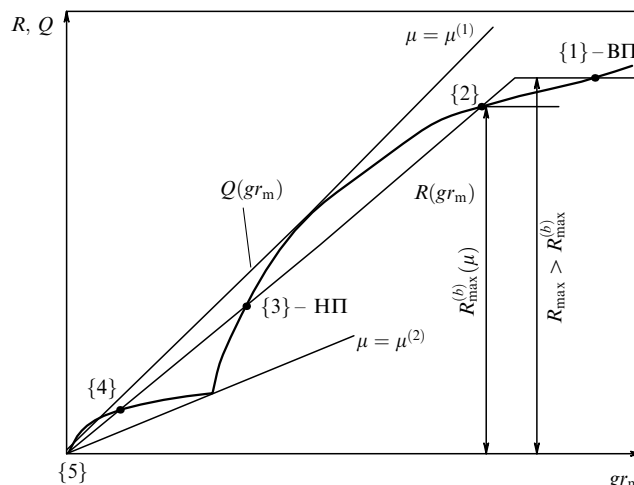


Рис. 13. Балансовая диаграмма (пояснения см. в тексте).

вляет собой расходы "владельцев" на личные нужды, правая часть — доходы владельцев $R(r_m)$, т.е. прибыль за вычетом производственных издержек. Таким образом, уравнение (32) представляет собой баланс "желаемого" (функция $Q(gr_m)$) и "возможного" ($R(r_m)$).

Учитывая свойства производственной функции, уравнение (32) можно записать в виде

$$Q(gr_m) = \begin{cases} \mu gr_m & \text{при } r_m < \frac{F_{\max}}{1 - g}, \\ (1 - h)F_{\max} = R_{\max} & \text{при } r_m \geq \frac{F_{\max}}{1 - g}, \end{cases} \quad (33)$$

где параметр $\mu = (1 - h)(1 - g)/\tau g$.

Графическое решение уравнения (33) приведено на балансовой диаграмме рис. 13. По оси абсцисс отложена величина $gr_m = xy$, по оси ординат отложены функции спроса $Q(gr_m)$ и дохода $R(r_m)$. Параметр μ представляет собой тангенс угла наклона линейного участка функции дохода.

Состояние $\bar{x} = x^{(5)} = 0$, $\bar{y} = y^{(5)} = 0$ (т.е. натуральное хозяйство) и неустойчивое состояние $(x^{(4)}, y^{(4)})$ на этой диаграмме уже разделены.

Таким образом, модель содержит два управляющих параметра: μ и $R_{\max}$. Их бифуркационные значения связаны между собой, т.е. $R_{\max}^{(b)} = R_{\max}^{(b)}(\mu)$. При их изменении возможны следующие состояния.

{1}. При $\mu \geq 1$ и любом $R_{\max}$ имеется одно стационарное состояние.

{2}. При $1 > \mu > \mu^{(1)}$ возможны два устойчивых стационарных состояния: ВП и натуральное хозяйство $(x^{(5)}, y^{(5)})$. Однако область притяжения ВП состояния значительно шире. Поэтому режим {2} мало отличается от режима {1}. При $\mu = \mu^{(1)}$ имеет место бифуркация типа складки: состояния $(x^{(2)}, y^{(2)})$ и $(x^{(3)}, y^{(3)})$ сливаются. При $\mu > \mu^{(1)}$ они исчезают и при $\mu < \mu^{(1)}$ появляются.

{3}. При $\mu^{(1)} > \mu > \mu^{(2)}$ ситуация зависит от параметра $R_{\max}$. Существуют два варианта.

{3а}. При $R_{\max} > R_{\max}^{(b)}(\mu)$ возможны все пять состояний. Из них устойчивы ВП, НП и натуральное хозяйство. Фазовый портрет на рис. 12 соответствует именно этому варианту. Бифуркационное значение $R_{\max}^{(b)}(\mu)$ зависит от параметра μ и тем больше, чем больше μ .

{3б}. При $R_{\max} < R_{\max}^{(b)}(\mu)$ отсутствует ВП состояние и возможны лишь НП состояние и натуральное хозяйство. При $R_{\max} = R_{\max}^{(b)}(\mu)$ имеет место бифуркация типа складки. Состояния $(x^{(1)}, y^{(1)})$ и $(x^{(2)}, y^{(2)})$ при этом сливаются.

{4}. При $\mu \leq \mu^{(2)}$ имеет место бифуркация. При $\mu \leq \mu^{(2)}$ состояния $(x^{(3)}, y^{(3)})$ и $(x^{(4)}, y^{(4)})$ сливаются и затем исчезают. Возможны два варианта.

{4а}. При $R_{\max} < R_{\max}^{(b)}(\mu)$ остается одно стационарное состояние — натуральное хозяйство.

{4б}. При $R_{\max} > R_{\max}^{(b)}(\mu)$ возможны два устойчивых состояния: ВП и натуральное хозяйство. Однако область притяжения первого мала и практически вариант {4б} мало чем отличается от {4а}.

Сказанное справедливо при заданных параметрах функции спроса. В общем случае бифуркационные значения управляющих параметров μ и $R_{\max}$ зависят от параметров функции спроса.

Обсудим варианты переходных процессов. В общем случае переходы возможны в результате внешних воздействий. Различают два типа переключающих воздействий: силовые и параметрические.

Силовые переключения происходят в результате изменений динамических переменных (в нашем случае — накоплений владельцев x и/или цен $p = 1/y$). При этом параметры модели не меняются, фазовый портрет остается прежним, но изображающая точка смещается.

Обсудим в качестве примера возможный переход из НП состояния в ВП в результате, например, адресной эмиссии денег. В случае безадресной эмиссии увеличивается параметр M и пропорционально изменяются накопления и цены. Однако безразмерные (перенормированные) переменные, равно как и структура фазового портрета, при этом сохраняются. При адресной эмиссии изменяются безразмерные переменные. Если средства адресуются "владельцам", то точка x смещается вправо вдоль линии (а), представленной жирной штриховой линией на рис. 12. При достаточно большом смещении, таким, что точка переходит через сепаратрису (т.е. точку x_{cr}), система сама устремится к ВП состоянию. В экономике это явление производит впечатление "экономического чуда".

Если адресная эмиссия недостаточна и точка остается в области притяжения НП состояния, система после некоторого оживления экономики снова возвращается в него. Безразмерные переменные остаются прежними, но размерные величины (цены и накопления) увеличиваются в меру эмиссии.

Когда эмитированные средства адресуются "трудящимся", безразмерная переменная x уменьшается (вследствие падения доли накоплений владельцев). При этом точка x движется вдоль штриховой линии (б) на рис. 12. "Экономическое чудо" возможно и в этом случае, если изображающая точка будет переброшена за сепаратрису. Таковое возможно, когда сепаратриса в левой части портрета достаточно полого (вариант, представленный на рис. 12, такому условию не удовлетворяет). Последнее означает, что вслед за адресной эмиссией производство развивается быстро и опережает рост цен. Именно этот вариант обсуждался выше в связи с адресной безынфляционной эмиссией в двугорбом обществе.

Обратный процесс, т.е. переход из ВП состояния в НП в результате изъятия у "владельцев" оборотных средств,

также возможен. Он воспринимается как "экономический кризис", и далее мы обсудим его детально.

Параметрическое переключение происходит при изменении управляющих параметров μ и $F_{\max}$, приводящем к бифуркации. Изображающая точка (x, y) при этом остается на месте, но попадает в область притяжения другого состояния.

Переход из НП состояния в ВП ("экономическое чудо") может осуществиться за счет увеличения параметра μ вплоть до значения $\mu \geq \mu^{(1)}$. В результате НП состояние исчезает и система оказывается в области притяжения ВП состояния и сама устремляется к нему. Возможно и обратное параметрическое переключение из ВП состояния в НП. Для этого достаточно снизить параметр μ до значения, при котором величина $F_{\max}(\mu)$ становится меньше бифуркационного значения. В результате ВП состояние исчезает и система сама устремляется к НП состоянию — наступает экономический кризис.

Важно отметить, что как при силовом, так и при параметрическом переключениях имеет место гистерезис. Это значит, что изменения как динамических переменных, так и параметров, приводящие к переключению из ВП состояния в НП, отличаются от изменений, необходимых для обратного переключения. Упомянутые свойства хорошо известны в физике и характерны для фазовых переходов первого рода.

Обсудим важный в экономике вопрос, кто управляет параметрами. Параметр $F_{\max}$ зависит от уровня технологии и в рамках базовой модели задан.

Параметр μ является комбинацией параметров τ, g, h . Время производственного цикла τ зависит от уровня организации, технологии и также задано. Доля прибыли g , затрачиваемая "владельцами" на личные нужды, может меняться по воле "владельцев". Доля прибыли h , идущая на зарплату, зависит как от "владельцев", так и от "трудящихся". В рамках модели h — свободный параметр и может меняться в пределах, которые определяются балансом интересов "владельцев" и "трудящихся".

Денежная масса M (здесь мы не разделяем наличные и безналичные средства) определяется государством. Однако в базовой модели государство отсутствует. Разумно предположить, что решения на государственном уровне принимают "владельцы" и при этом действуют в своих интересах. Для дальнейшего целесообразно сформулировать, в чем заключаются интересы "владельцев". Принято считать, что целевой функцией "владельцев" является максимум прибыли. В рамках модели прибыль

$$\begin{aligned} \Pi &= (1 - h) F((1 - g) r_m) = \\ &= \begin{cases} (1 - h) \frac{(1 - g) r_m}{\tau} & \text{в НП состоянии,} \\ (1 - h) F_{\max} & \text{в ВП состоянии.} \end{cases} \end{aligned} \quad (34)$$

Увеличение прибыли получается, во-первых, за счет уменьшения зарплаты и, во-вторых, за счет уменьшения g . Первое возможно до определенного предела, зависящего от социальных факторов. Второе означает сокращение трат на личные нужды владельцев, что не входит в их интересы. Поэтому принцип максимума прибыли ограничен дополнительным условием: сохранением затрат на личные нужды на высоком уровне.

Важно различать также кратковременные и долговременные цели. Первое означает, что "владельцы" могут влиять на параметры вблизи данного стационарного состояния. Если это НП состояние, то переход в ВП состояние в кратковременных целях не предусматривается.

Долговременные цели предусматривают переход в ВП состояние, где прибыль и удовлетворение личных потребностей (как "владельцев", так и "трудящихся") выше, чем в НП. Таким образом, "владельцы" и "трудящиеся" могут пожертвовать сиюминутными интересами ради достижения цели в будущем. Например, "владельцы", договорившись между собой, могут уменьшить личные потребности (т.е. g) и/или, договорившись с "трудящимися", снизить сдельную оплату (т.е. h) так, чтобы параметр μ увеличился до бифуркационного значения. При этом произойдет переход в ВП состояние — "экономическое чудо", и все будут довольны.

Переключение в ВП состояние за счет адресной эмиссии не противоречит кратковременным интересам ни "владельцев", ни "трудящихся". Такой вариант переключения вполне возможен. Однако этот вывод справедлив только в рамках "закрытого общества", где интересы всех групп населения связаны с ситуацией внутри страны, но не за ее пределами. В рамках расширенной модели, учитывающей интересы экспортеров, импортеров и "финансовой элиты", адресная эмиссия противоречит интересам ряда групп и стран. Это мы обсудим позже.

В заключение остановимся на связи базовой модели со структурой общества. В рамках динамического подхода распределение по накоплениям должно вытекать из модели. Зная накопления "владельцев" и "трудящихся", можно сравнить их и оценить степень поляризации общества. В рамках динамической модели ЭСО представляет собой два пика на оси накоплений. Расстояние между ними отражает степень бимодальности. В действительности оба пика размыты за счет случайных процессов.

Результат нетрудно предвидеть — пики расширятся в меру "шума". Таким образом, ЭСО в рамках модели является динамической характеристикой общества, она сама следует из модели и изменяется при изменении состояния общества.

4.2. Динамическая модель макроэкономики современной России

Обсудим расширенную модель, построенную на основе базовой с учетом особенностей современной России. В изложении будем следовать работе [17]. Эта модель еще не является детальной (имитационной), но уже может отвечать на наиболее актуальные вопросы, касающиеся макроэкономической стратегии:

- 1) какие стационарные состояния возможны в современной России?
- 2) в каком из них находится российская экономика в настоящее время?
- 3) в каком состоянии находилась экономика России до реформ и каков был процесс перехода?
- 4) каковы возможные варианты дальнейшей эволюции экономики России?
- 5) каковы могут быть последствия того или иного мероприятия (или решения) на государственном уровне?

Иными словами, модель может служить инструментом поддержки принятия решений на уровне управления страной. Приведем исходные положения модели.

Как и в базовой модели, принято, что средства производства являются частной собственностью юридических лиц (т.е. "владельцев"). Они организуют производство, распоряжаются средствами, несут издержки производства и сбыта, а также платят налоги. На них же возложена функция реализации произведенного товара (т.е. торговля). Это значит, что юридические лица торговой сферы также входят в число "владельцев".

В модели использовано однопродуктовое *приближение*. В суперагрегированный продукт включены товары народного потребления, продукты сельскохозяйственного производства, товары, потребляемые в бюджетной сфере (в частности, в ВПК), и товары, необходимые для производства (т.е. средства производства, включая комплектующие изделия).

Сырье (теплоносители и металлы), электроэнергия и транспортные услуги не включены в агрегированный продукт и рассматриваются отдельно. Причины этого в следующем. В современной России сырьевые отрасли преимущественно работают на экспорт. Цены сырья определяются на внешнем (мировом), но не на внутреннем рынке. Мировые цены сырья существенно выше тех, которые допускает баланс спроса и предложения сырья на внутреннем рынке. Тем не менее продукция металлургии (как цветной, так и черной) реализуется на внутреннем рынке по мировым ценам [31, 32]. Цены теплоносителей внутри страны частично регулируются государством (но не внутренним рынком). Они несколько ниже мировых, но тоже аномально высоки. В обоих случаях цена сырья не определяется внутренним рынком, а выступает как заданная извне величина, которая может (и должна) регулироваться государством.

Цена электроэнергии и транспортные тарифы существенно зависят от цены теплоносителей. Кроме того, эти товары и услуги относятся к I-й категории и производятся в естественных монополиях. Выше было показано, что рынок без вмешательства государства и/или общественных организаций не может регулировать цены на эти товары. Поэтому в модели они аналогично ценам на сырье выступают как заданные извне. В принципе, они могут и должны регулироваться государством. Таким образом, модель описывает состояние и динамику обрабатывающей промышленности России.

Экспорт промышленной продукции незначителен по сравнению с экспортом сырья. Объем импорта после кризиса 1998 г. резко сократился и до сих пор сравнительно мал. Поэтому в первом приближении эти факторы мы учитывать не будем. При дальнейшем развитии модели это нетрудно сделать.

Рассматриваемое общество включает N человек и разбито на восемь групп (кластеров):

- неработающие пенсионеры (их количество n_0N),
- работники реального сектора (n_1N),
- работники бюджетных предприятий (n_2N),
- пенсионеры, работающие в бюджетных организациях (n_3N),
- пенсионеры, работающие на частных предприятиях (n_4N),
- работники сырьевой сферы (n_5N),

— собственники частных предприятий ("владельцы") ($n_m N$),

— элита — владельцы и руководящие работники сырьевых предприятий и коммерческих банков, крупные чиновники и т.д. (lN).

Величины n_i ($i = 0-5$), m и l представляют собой относительные численности групп. Их сумма равна 1. В дальнейшем мы будем обозначать принадлежность величин к группам соответствующим индексом.

Члены каждой группы имеют денежные накопления U_i ($i = 0-5, m, l$), которые являются динамическими переменными модели и определяются балансом доходов и расходов. Денежным накоплениям соответствуют их покупательные способности $r_i = U_i/p$. Принято, что доходы внутри группы одинаковы, а доходы разных групп могут различаться. Доходы пенсионеров, бюджетников и работников сырьевых предприятий фиксированы и равны P_0 , P_2 и P_5 соответственно. Работающие пенсионеры получают зарплату и пенсию. Доходы работников частных предприятий не сырьевой сферы зависят от объема выпускаемой продукции, а доходы собственников определяются прибылью от продажи произведенного продукта.

Величины P_i ($i = 1, 2, 5$) представляют собой начисленные зарплаты. Доход работников равен P_i за вычетом подоходного налога, равного $\kappa_0 P_i$. Пенсии P_0 налогом не облагаются.

"Владельцы" часть своих средств ($g \ll 1$) тратят на личные нужды, включая издержки на "престиж" и "имидж". Эти затраты равны gr_m , а объем потребления собственников описывается функцией спроса $Q(gr_m)$. Другую часть $(1-g)r_m$ "владельцы" используют в качестве оборотных средств, она идет на покрытие производственных издержек. Из них затраты на зарплату равны $(1+\kappa_1)P_1$, где κ_1 — налог на фонд зарплаты, включающий различного рода отчисления (главным образом в пенсионный фонд).

Заработная плата работников частных предприятий пропорциональна объему произведенного продукта. По аналогии с (32) имеем

$$(n_1 + n_4)P_1(r) = hF((1-g)r). \quad (35)$$

Помимо затрат на зарплату, владельцы несут производственные расходы (на сырье, энергию, транспорт) и платят налоги. В модели они объединены в единую группу затрат, пропорциональных объему произведенной продукции, и равны $(\lambda + \kappa_2)F((1-g)r_m)$. Здесь коэффициент λ отражает производственные затраты, а κ_2 — уровень налогообложения, пропорционального объему выпущенной продукции.

Полная величина затрат владельцев в единицу времени будет равна

$$[h(1+\kappa_1) + \lambda + \kappa_2]F((1-g)r_m), \quad (36)$$

а рентабельность вложений $\alpha = [h(1+\kappa_1) + \lambda + \kappa_2]^{-1}$.

Доходы "владельцев" равны выручке от реализации произведенной продукции за вычетом производственных издержек. Динамика оборотных средств определяется балансом доходов и расходов "владельцев".

Динамика цен определяется балансом спроса и предложения на внутреннем рынке.

Принято, что полная величина средств M (количество денег) в обществе постоянна. Это условие накладывает

связь на величины накоплений в группах:

$$N \left[\sum_{i=0}^5 n_i U_i + m U_m + l U_l \right] = M = \text{const}. \quad (37)$$

В результате только семь из восьми динамических переменных U_i независимы.

Еще одной динамической переменной является цена произведенного продукта p , динамика которой определяется балансом спроса и предложения товара на рынке.

Модель представляет собой систему из восьми простых дифференциальных уравнений, которые описывают как возможные стационарные состояния экономики общества, так и переходы между ними:

$$\begin{aligned} (1) \quad \frac{dU_0}{dt} &= p \left[P_0 - Q\left(\frac{U_0}{p}\right) \right], \\ (2) \quad \frac{dU_1}{dt} &= p \left[P_1(1-\kappa_0) - Q\left(\frac{U_1}{p}\right) \right], \\ (3) \quad \frac{dU_2}{dt} &= p \left[P_2(1-\kappa_0) - Q\left(\frac{U_2}{p}\right) \right], \\ (4) \quad \frac{dU_3}{dt} &= p \left[P_2(1-\kappa_0) + S_0 - Q\left(\frac{U_3}{p}\right) \right], \\ (5) \quad \frac{dU_4}{dt} &= p \left[P_1(1-\kappa_0) + S_0 - Q\left(\frac{U_4}{p}\right) \right], \\ (6) \quad \frac{dU_5}{dt} &= p \left[P_5(1-\kappa_0) - Q\left(\frac{U_5}{p}\right) \right], \\ (7) \quad \frac{dU_m}{dt} &= \frac{p}{m} \left[\sum_{i=0}^5 n_i Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + Q_b + l Q\left(\frac{U_l}{p}\right) - \right. \\ &\quad \left. - P_1((1-g)r_m)(n_1 + n_4)(1+\kappa_1) - \right. \\ &\quad \left. - m(\lambda + \kappa_2)F((1-g)r_m) \right], \\ (8) \quad \frac{dp}{dt} &= \gamma \left[\sum_{i=0}^5 n_i Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + Q_b + l Q\left(\frac{U_l}{p}\right) + \right. \\ &\quad \left. + m Q\left(\frac{gU_m}{p}\right) - mF((1-g)r_m) \right]. \end{aligned} \quad (38)$$

Параметр γ в уравнении (8) системы (38) определяет относительную скорость установления цены, параметр Q_b — госзаказ на рассматриваемый продукт (предполагается, что величина госзаказа в натуральном выражении не меняется во времени).

Фазовое пространство системы (38) содержит восемь измерений и поэтому представить ее портрет столь же наглядно, как в предыдущем случае, невозможно. Однако уравнение баланса доходов $R(gr_m)$ и расходов $Q(gr_m)$ "владельцев" имеет ту же форму, что и выше:

$$R(gr_m) = Q(gr_m). \quad (39)$$

Уравнение (39) вытекает из уравнений (7) и (8) системы (38), когда производные по времени равны нулю (т.е. в стационарных состояниях). Графическое решение уравнения (39) может быть представлено диаграммой рис. 13. В данном случае параметр μ зависит не только от зарплаты, но и от затрат на сырье и налогов и

равен

$$\mu = \frac{1-g}{g\tau} \{1 - [(1-\kappa_1)h + \lambda + \kappa_2]\}. \quad (40)$$

В связи с этим все качественные результаты базовой модели остаются в силе. Это не удивительно, базовые модели для того и строятся, чтобы их результаты сохранялись в более реалистической расширенной модели. Вместе с тем появляется возможность исследовать переходы из НП состояния в ВП (и обратно) в зависимости от цен на энергию и сырье, тарифов и налогов. Таким образом, балансовая диаграмма на рис. 13 вместе с уравнением (40) уже может служить инструментом поддержки принятия стратегических решений.

Модель позволяет ответить на вопрос: в каком состоянии находится современная Россия и как она туда попала?

На основании данных Госкомстата [40, 41] и других источников оценены параметры, входящие в модель, и сделан вывод: Россия сейчас находится в НП состоянии (т.е. в низкопродуктивной стагнации). Переход из него в ВП состояние требует преодоления барьера. Самопроизвольно, т.е. без специальных мер по его преодолению, переход из НП состояния в ВП состояние невозможен.

Обсудим вопрос: как Россия попала в НП состояние? До начала реформ уровень обрабатывающей промышленности в России был примерно в 3 раза выше, чем в настоящее время. В рамках модели это значит, что страна находилась в ВП состоянии.

Известно, что в результате либерализации цен и последующей инфляции оборотные средства в обрабатывающей промышленности почти мгновенно (в течение месяца) сократились в 3,5 раза. Как упоминалось, снижение оборотных средств равносильно силовому переключению, обратному адресной эмиссии. Величина 3,5 раза была принята в качестве меры сдвига изображающей точки. В результате такого сдвига система попала в область притяжения НП состояния и устремилась к нему. Модельные расчеты процесса представлены на рис. 14. За начальный момент времени принят 1992 г. Видно, что модельные расчеты удовлетворительно согласуются с данными о динамике валового внутреннего продукта (ВВП) и падении производства в обрабатывающей промышленности и машиностроении.

Балансовая диаграмма позволяет получить ответ на вопрос, можно ли перейти из НП состояния в ВП за счет сокращения налогов κ_2 , снижения транспортных тарифов и цен на сырье (λ). Эти меры в совокупности ведут к увеличению параметра μ и в результате к параметрическому переключению. Напомним, что для перехода на траекторию развития необходимо преодолеть водораздел (т.е. сепаратрису). Это значит, что только достаточно большое увеличение параметра μ может вывести страну из стагнации. Малое изменение (увеличение) угла наклона ведет лишь к небольшому оживлению экономики, но страна остается в НП состоянии.

На рисунке 15 приведены результаты расчетов при различных значениях параметра $\lambda + \kappa_2$. Видно, что для достижения порога переключения необходимо сократить издержки $\lambda + \kappa_2$ в 1,5 раза. Однако переход в ВП состояние при этом происходит медленно и длится десятилетия. Переход ускоряется при более значитель-

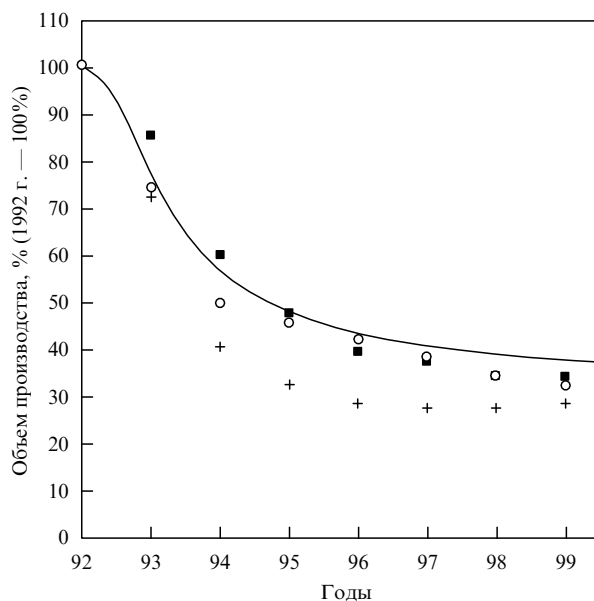


Рис. 14. Динамика падения объема производства в обрабатывающей промышленности в результате изъятия оборотных средств по годам, начиная с 1992 г.: сплошная линия — расчеты по модели в [27], ■ — уровень ВВП в долях от уровня 1992 г., + — уровень машиностроения, ○ — обрабатывающая промышленность (по данным Госкомстата [40]).

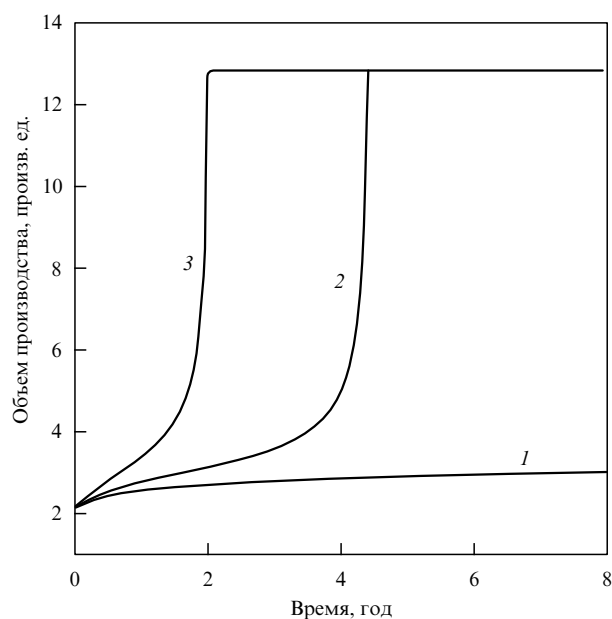


Рис. 15. Модельные расчеты динамики развития обрабатывающей промышленности в результате снижения издержек производства на сырье и транспорт (параметр λ) и налогов (параметр κ). Кривая I — динамика развития в случае снижения $\lambda + \kappa_2$ в 1,5 раза (что соответствует бифуркации), кривые 2 и 3 соответствуют снижению издержек в 1,75 и в 2,3 раза. По оси абсцисс — время в годах с момента снижения издержек.

ном сокращения издержек производства, но и в этом случае требуется достаточно длительное время.

Динамика перехода из НП состояния в ВП при силовом переключении за счет адресной эмиссии средств в реальный сектор экономики представлена на рис. 16. Видно, что переход совершается гораздо

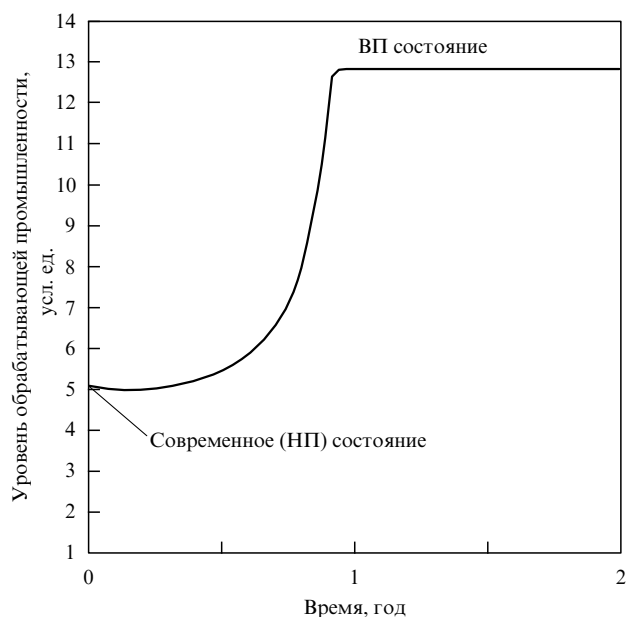


Рис. 16. Модельные расчеты динамики развития обрабатывающей промышленности в результате адресной эмиссии средств в количестве, обеспечивающем переход через сепаратрису. По оси абсцисс — время в годах с момента эмиссии.

быстрее, чем в предыдущем случае, т.е. за годы. Некоторое увеличение цен (т.е. инфляция) при этом неизбежно, но затем оно компенсируется ростом предложения в результате роста производства. Эффект адресной эмиссии также носит пороговый характер, поскольку и в этом случае необходимо преодолеть водораздел. При недостаточной эмиссии изображающая точка не достигает сепаратрисы и страна после некоторого оживления экономики снова возвращается в НП состояние. Увеличение цен при этом остается и не компенсируется ростом производства.

Такое поведение системы в НП состоянии показывает условность противопоставления кейнсианской [42] и монетаристской [43] концепций. При достаточном объеме и адресной эмиссии модель ведет себя в соответствии с кейнсианской концепцией, а при недостаточном — монетаристской.

Следует подчеркнуть: столь быстрое восстановление экономики, какое представлено на рис. 16, возможно, когда производственные фонды (помещения, оборудование и т.д.) сохранились, т.е. имеется запас мощностей. В действительности за годы реформ в нашей стране оборудование изнашивалось (и не восполнялось) и продолжает изнашиваться. Для учета этого необходимо предусмотреть дополнительные денежные и временные затраты на восстановление оборудования. В рамках модели это сделать нетрудно, но тем не менее, этот вопрос заслуживает специального обсуждения.

В целом, "экономическое чудо" за счет адресной эмиссии считаем возможным, хотя и не столь быстрым, как в данном модельном варианте. Одна из основных трудностей в реализации этой возможности — определение "адреса" и доведение до него необходимых средств.

Переход в ВП состояние возможен и за счет изменения функции спроса при неизменных экономических параметрах. При этом главную роль играет "челове-

ский фактор". Меры изменения функции спроса имеют, скорее, политический и социальный характер, а не чисто экономический. Так, лозунги типа "Стыдно быть бедным" или "Стремись жить, как на Западе" способствовали увеличению крутизны функции. Напротив, лозунги типа "Стыдно быть богатым, когда страна в беде" или "Не пытайся подражать Западу — помоги России встать на ноги", а также "Поддержи отечественного производителя" способствуют сокращению потребления и делают функцию $Q(r)$ более пологой. Страна при этом оказывается в области притяжения ВП состояния и переходит на траекторию устойчивого развития.

Такое изменение функции спроса эквивалентно увеличению угла наклона функции доходов, но без снижения налогов и издержек и без экономического давления государства на сырьевые естественные монополии. Правда, для этого необходим кредит доверия государству и идеологическое единство нации.

В заключение раздела перечислим наиболее важные результаты, полученные на основе рассмотренной модели.

1. Рыночное равновесие в общем случае не единственно. Даже при одних и тех же макроэкономических параметрах страна может перейти либо в ВП, либо в НП состояние в зависимости от начальных условий. При этом оба состояния являются стационарными и в них имеет место рыночное равновесие цен и накоплений.

2. Модель позволяет получить ответ на вопрос, какие именно факторы (и в какой мере) могут вызвать кризис (т.е. переход в НП состояние) и, напротив, какие факторы способствуют обратному переходу в ВП состояние.

3. Современная Россия находится в НП состоянии и без серьезных усилий со стороны государства не сможет из него выйти. Этот переход не может произойти за счет рыночной самоорганизации.

4. Балансовая диаграмма уже дает представление о состоянии экономики и о возможных последствиях того или иного решения на государственном уровне.

В представленном варианте модели не учтен еще ряд факторов, которые традиционно считаются важными для макроэкономики. К ним относятся:

1) экспорт и импорт продукции сельского хозяйства и обрабатывающей промышленности (экспорт сырья, как упоминалось, учтен). В настоящее время объем экспорта и импорта этих товаров относительно мал и большой роли не играет. Однако вопрос актуален, поскольку от ответа на него зависит стратегия вхождения России в мировой рынок;

2) роль коммерческих банков в аккумуляции средств, накопленных населением и кредитованием за счет этого реального сектора экономики. В современной России этот фактор по ряду причин играет малую роль. Кроме того, здесь возникают и фундаментальные проблемы глобального характера. Сейчас наблюдается отрыв финансовой деятельности от реального сектора экономики, что может привести к серьезному кризису. Именно эта опасность активно обсуждается в работах Ларуша и ряда других современных экономистов;

3) в модели используется однопродуктовое приближение. В действительности в разных секторах экономики (например, в сельском хозяйстве и промышленности) ситуация различна. Это обстоятельство не может существенно повлиять на качественные результаты базовой модели, однако в будущем его необходимо учесть.

Упомянутые факторы могут (и должны) быть учтены при дальнейшем развитии модели. При этом желательно по возможности сохранить наглядность и простоту базовой модели. Иными словами, динамическое моделирование макроэкономических процессов еще далеко не закончено.

5. Заключение

Подчеркнем два, на наш взгляд, наиболее важных результата — роль ЭСО в экономике, наличие двух стационарных и устойчивых состояний макроэкономики (высокопродуктивного и низкопродуктивного) и возможность переходов между ними.

Возможность нескольких состояний рыночной экономики, как упоминалось, специалистами не отрицалась. Этот результат нов лишь для тех, кто знаком с экономикой только по выступлениям СМИ. Однако и это уже важно, поскольку таких людей большинство. Для физиков данный результат может показаться тривиальным. Действительно, разве можно представить себе физику конденсированных сред без фазовых переходов?

Ново и важно другое — динамические модели в экономике позволяют качественно (и даже полуколичественно) описать переходы между состояниями и выявить главные параметры, управляющие этими процессами.

Возникает вопрос: насколько обоснованы эти результаты? В этом вопросе можно выделить две части: обоснованы ли исходные положения модели экспериментально или теоретически? соответствуют ли полученные результаты наблюдаемой действительности?

Попробуем ответить на эти вопросы поочередно. Исходными в "физической экономике" являются поведенческие реакции объектов исследования. В нашем случае — это функции спроса и производства. Их форма, в принципе, может быть определена экспериментально. Как упоминалось выше, это можно сделать либо прямо (путем панельных опросов), либо косвенно, в частности методом экспертных оценок. Последний не считается вполне убедительным, хотя именно им чаще всего пользуются. Получить достоверную информацию путем опроса практически невозможно. Поэтому исходные положения всегда содержат гипотетический элемент.

Та же ситуация имеет место и в ортодоксальной экономике. Там исходным является гипотеза о том, что люди всегда поступают разумно. Можно поставить вопрос об эмпирической проверке этой гипотезы путем панельного опроса. Например, задавать прохожим вопрос: "Всегда ли Вы поступаете разумно?". Статистику ответов можно предвидеть, но она вряд ли будет достоверной. Следовательно, и это положение тоже гипотетично.

Впрочем, таково же положение и в естественных науках. Новые гипотезы и их оформление в виде исходных уравнений (уравнения Ньютона, Максвелла и Шрёдингера) возникают под влиянием новых экспериментальных данных. Однако всегда оказывается, что этих данных недостаточно для формулировки уравнений [45]. Теория становится убедительной и общепризнанной лишь после накопления дополнительных экспериментальных данных и только в случае, если она согласуется с ними.

Наконец, согласуются ли полученные результаты с реальностью — об этом предоставляем судить самим читателям. В экономике реальная действительность — не лабораторный эксперимент, а сама жизнь, в которой каждый человек является одновременно и наблюдателем, и подопытным объектом.

Авторы выражают искреннюю благодарность В.И. Маевскому, И.Г. Поспелову, Г.Г. Пирогову, В.А. Волконскому, Г.Г. Малинецкому, В.Б. Брагинскому и участникам семинара "Моделирование экономических процессов" Отделения теоретической физики ФИАН за обсуждение работы и ценные замечания.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 01-06-80149 и № 02-06-80219.

Список литературы

1. Ларуш Л *Физическая экономика как платоновская эпистемологическая основа всех отраслей человеческого знания* (М.: Научная книга, 1997)
2. Нельсон Р Р, Уинтер С Дж *Эволюционная теория экономических изменений* (М.: ЗАО "Финстатинформ", 2000)
3. Ашманов С А *Введение в математическую экономику* (М.: Наука, 1984)
4. Сильверберг Дж *Вестн. молодых ученых. Сер. Экономические науки* (6) 76 (2000)
5. Пу Т *Нелинейная экономическая динамика* (Ижевск: Удмуртский университет, 2000); там же Трофимов В В *Геометрический анализ больших экономических систем* с. 174
6. Занг В-Б *Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории* (М.: Мир, 1999)
7. Лебедев В В *Математическое моделирование социально-экономических процессов* (М.: Изограф, 1997)
8. Samuelson P A *Foundations of Economic Analysis* (Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press, 1947)
9. Аллен Р *Математическая экономия* (М.: ИЛ, 1963)
10. Хикс Дж Р *Стоимость и капитал* (М.: Прогресс, 1988)
11. Алле М *Экономика как наука* (М.: Научно-изд. центр "Наука для общества": Изд. центр РГГУ, 1995)
12. Schumpeter J A *The Theory of Economic Development* (Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press, 1934) [Шумпетер И *Теория экономического развития* (М.: Прогресс, 1982)]
13. Saviotti P P, Mani G S J. *Evol. Econ.* 5 369 (1995)
14. Silverberg G, Verspagen B, in *Evolution und Selbstorganisation in der Ökonomie* (Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-Sozial- und Geisteswissenschaften, Bd. 9, Hrsg. F Schweitzer, G Silverberg) (Berlin: Duncker & Humboldt, 1998) s. 239
15. Маевский В И *Введение в эволюционную экономику* (М.: Япония сегодня, 1997)
16. Чернавский Д С, Старков Н И, Щербаков А В "Динамическая модель закрытого общества", Препринт ФИАН № 36 (М.: ФИАН, 1999); *Матем. моделирование* 13 (11) 97 (2001)
17. Чернавский Д С, Старков Н И, Щербаков А В "Базовая динамическая модель экономики России", Препринт ФИАН № 1 (М.: ФИАН, 2000)
18. Петров А А, Поспелов И Г, Шананин А А *Опыт математического моделирования экономики* (М.: Энергоатомиздат, 1996)
19. Полтерович В М "Институциональные ловушки и экономические реформы", Препринт Российской экономической школы 98/004 (М.: РЭШ, 1998); *Экономика и матем. методы* 35 (2) 3 (1999)
20. Иванов Ю Н, Токарев В В, Уздемир А П *Математическое описание элементов экономики* (М.: Наука, 1994)
21. Saviotti P P J. *Evol. Econ.* 11 119 (2001)
22. Самуэльсон П А *Экономика* (М.: НПО "Алгон", Машиностроение, 1993)
23. Фишер С, Дорнбуш Р, Шмалензи Р *Экономика* (М.: Дело, 1993)
24. Блауг М *Экономическая мысль в ретроспективе* 4-е изд. (М.: Дело, 1994) с. 416
25. Чернавский Д С и др. *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика* 4 (3) 67 (1996)

26. Chernavskii D S, Starkov N I, Scherbakov A V *J. Moscow Phys. Soc.* **9** 89 (1999)
27. Chernavskii D S et al. "The dynamics of the economic society structure", in *Mathematical Models of Non-Linear Excitations, Transfer, Dynamics, and Control in Condensed Systems and Other Media* (Eds L A Uvarova, A E Arinstein, A V Latyshev) (New York: Kluwer Acad./Plenum Publ., 1999) p. 103
28. Айвазян С А *Экономика и матем. методы* **33** (3–4) 74 (1997)
29. Малинецкий Г Г, в кн. *Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика* (Под ред. И М Макарова и др.) (М.: Наука, 2000) с. 125
30. Петерс Э *Хаос и порядок на рынках капитала* (М.: Мир, 2000) с. 130
31. Чернавский Д С, Щербаков А В, Суслаков Б А *Социально-экономический бюллетень* (М.: Изд-во Социально-технологического института, 1999)
32. Чернавский Д С, Щербаков А В, Суслаков Б А *Социально-экономический бюллетень* (М.: Изд-во Социально-технологического института, 2001)
33. *Родо Токэй Еран* (Обзор трудовой политики в Японии) (на япон. яз.) (Токио, 1988) с. 185
34. Брагинский В Б *Природа* (12) 3 (2000)
35. Чернавский Д С и др. *Экономика и матем. методы* **34** (2) 44 (1998)
36. Вороновицкий М М *Экономика. и матем. методы* **33** (2) 109 (1997)
37. Чернавский Д С и др. *Законодательство и экономика* (7/8) 8 (1995)
38. Романовский Ю М, Степанова Н В, Чернавский Д С *Математическая биофизика* (М.: Наука, 1984)
39. Постон Т, Стюарт И *Теория катастроф и ее приложения* (М.: Мир, 1980)
40. *Социально-экономическое положение России. Январь 2000 года* (М.: Госкомстат РФ, 2000)
41. *Социально-экономическое положение России. Январь 2001 года* (М.: Госкомстат РФ, 2001)
42. Кейнс Дж М *Избранные произведения* (М.: Экономика, 1993)
43. Фридмен М *Если бы деньги заговорили...* (М.: Дело, 1999)
44. *Крах доллара* Сб. статей (Сост. А А Нагорный) (М.: Изд-во Н.Е. Чернышова, 2001)
45. Фейнберг Е Л *Две культуры: интуиция и логика в искусстве и науке* (М.: Наука, 1992); *Вопросы философии* (7) 54 (1997)

On some problems of physical economics

D.S. Chernavskii, N.I. Starkov

*P.N. Lebedev Physics Institute, Russian Academy of Sciences,
Leninskiy prosp. 53, 119991 Moscow, Russian Federation*

Tel. (7-095) 135-24 52

E-mail: starkov@sci.lebedev.ru

A.V. Shcherbakov

*Joint Stock Company 'Kurs',
ul. Seleznevskaya 13, 103030 Moscow, Russian Federation
Tel. (7-095) 978-88 63*

A review of literature on constructing economics after the pattern of natural sciences (in particular, physics) with the use of mathematical modeling are presented, and some original results in this area (which has come to be known as physical economics) are discussed. Several topical questions of market economics are discussed, such as: is market equilibrium unique, are transitions between stationary states possible, and if so how do these transitions proceed. By analogy with physics, the apparatus of mathematical modeling is widely used in answering these questions. It is shown that under the same external conditions a self-sufficient country can be either in a high-productivity (HP) or in a low-productivity (LP) state and that transitions between them occur as either an 'economical crisis' or an 'economical wonder'. For contemporary Russia, it is shown that crisis is already over and the country is now in a stable LP state. The distributions of social elements over liquid accumulations and incomes are considered. It is shown that in Russia, these distributions are of a bimodal nature, meaning the coexistence of the poor and the wealthy with virtually no middle layer in-between. In the tails of the distributions, a very small amount of very wealthy people is shown to exist.

PACS numbers: 07.05.Tp, **89.20. – a**, 89.65.Gh

Bibliography — 45 references

Received 31 October 2001, revised 31 January 2002