

## КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

## Эконофизика и эволюционная экономика

Научная сессия Отделения физических наук  
Российской академии наук, 2 ноября 2010 г.

PACS number: 01.10.Fv

DOI: 10.3367/UFNr.0181.201107e.0753

2 ноября 2010 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (РАН) состоялась научная сессия Отделения физических наук РАН "Эконофизика и эволюционная экономика".

Объявленная на web-сайте ОФН РАН [www.grad.ac.ru](http://www.grad.ac.ru) повестка заседания содержала следующие доклады:

1. **Маевский В.И.** (Институт экономики РАН, Москва). *Переход от простого воспроизводства к экономическому росту.*

2. **Юданов А.Ю.** (Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва). *Экспериментальные данные о развитии быстрорастущих инновативных фирм в России.*

3. **Поспелов И.Г.** (Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Москва). *Почему иногда удаётся моделировать экономику?*

4. **Чернавский Д.С.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *О теоретической экономике.*

5. **Романовский М.Ю.** (Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва). *Неклассические случайные блуждания и феноменология флуктуаций доходности ценных бумаг на фондовом рынке.*

6. **Дубовиков М.М., Старченко Н.В.** (Управляющая компания ИНТРАСТ, Московский инженерно-физический институт, Москва). *Фрактальный анализ финансовых временных рядов и задачи прогноза.*

Статьи, написанные на основе докладов, публикуются ниже.

PACS numbers: 89.65.Gh, 89.75.-k  
DOI: 10.3367/UFNr.0181.201107f.0753

## Переход от простого воспроизводства к экономическому росту

В.И. Маевский, С.Ю. Малков

### 1. Введение. Представление макроуровня экономики в виде популяции макроэкономических подсистем

Сегодня в экономической теории существует большое количество моделей достижения статического рыночного

ного равновесия (см., например, [1]), а также моделей, описывающих выход макросистемы на траекторию устойчивого, стационарного экономического роста [2], но нет моделей, показывающих, каким образом на макроуровне из равновесной ситуации возникает рост.

Представляется, что причина наличия этого белого пятна носит принципиальный, методологический характер: в силу сложившейся традиции макроуровень рассматривается как целостный агрегат, поведение каждой части которого идентично поведению любой другой его части. Поскольку любая экономика занимается одновременно и производством потребительских благ, и инвестициями в основной и оборотный капиталы, то в рамках традиции неявно допускается, что каждая часть макроэкономики способна одновременно осуществлять эти два вида деятельности (режим *совместного* производства). По нашему мнению, этот устоявшийся взгляд на макроуровень нельзя абсолютизировать, рассматривая его как единственно приемлемый. Возможен другой подход, связанный с так называемым режимом *переключающегося* производства. Для того чтобы понять суть этого подхода, рассмотрим некоторые особенности функционирования машиностроительного комплекса.

Допустим, что данный комплекс включает в себя полный набор отраслей машиностроения, способных создавать активную часть основного капитала (станки, машины, приборы, механизмы и т.д.) как для самого себя, так и для всей "остальной" экономики. Если следовать традиции совместного производства, то этот комплекс нужно воспринимать как агрегат, все элементы которого одновременно работают и на себя, и на "остальную" экономику. Однако можно рассуждать иначе.

Все отрасли машиностроительного комплекса укрупнены заводами, возраст основного капитала которых в году  $t$  различен. Если данное множество заводов сгруппировать в году  $t$  по возрастному признаку, то возникнет набор подсистем, среди которых самая старая должна заняться в данном году воспроизводством своего основного капитала, тогда как остальные подсистемы будут участвовать в обеспечении роста "остальной" экономики. В следующем,  $(t+1)$ -м, году "омолодившаяся" подсистема заводов машиностроительного комплекса переключится на обеспечение роста "остальной" экономики, а вместо неё самовоспроизводством основного капитала займётся другая, наиболее старая в году  $t+1$ , подсистема заводов. Таким образом, можно сказать, что внутри машиностроительного комплекса

**В.И. Маевский.** Институт экономики РАН, Москва, РФ.  
E-mail: [maev@orc.ru](mailto:maev@orc.ru)

**С.Ю. Малков.** Академия военных наук, Москва, РФ

действует популяция неоднородных (по возрасту основного капитала, а значит, и по эффективности) машиностроительных подсистем, каждой из которых присущ режим переключающегося производства.

Поскольку функционирование машиностроительного комплекса предопределяет развитие экономики в целом, мы сочли возможным распространить переключающийся режим производства на макроуровень экономики. Для нас макроуровень — это не традиционный моноагрегат, а популяция неидентичных по возрастному признаку (а также по уровню эффективности) макроэкономических подсистем, каждая из которых в году  $t$  занимается или самовоспроизводством основного капитала, или производством потребительских благ, но не делает и то и другое одновременно.

Такое представление макроуровня заслуживает внимания хотя бы потому, что позволяет уловить конкуренцию между старыми, менее эффективными, и молодыми, более эффективными, макроэкономическими подсистемами. Молодые подсистемы, подобно технологическим укладам С. Глазьева [3], могут вытеснять старые подсистемы из экономического пространства. В этом случае активизируются процессы слияния и поглощения капитала, растёт число банкротств. Но возможно и другое — старые подсистемы успевают модернизироваться сами, без "помощи" молодых подсистем. Тогда развитие будет протекать в более спокойном режиме.

Прежде чем моделировать процессы развития, необходимо рассмотреть, как ведёт себя популяция макроэкономических подсистем в равновесной ситуации, в которой эффективность основного капитала не растёт и имеет место режим простого воспроизводства.

## 2. Модель простого воспроизводства

Приступая к построению модели простого воспроизводства популяции макроэкономических подсистем, отметим, что первым экономистом, создавшим числовую макроэкономическую модель простого воспроизводства, был французский физиократ Ф. Кенэ [4]. Вслед за ним модель простого воспроизводства построил К. Маркс [5]. Однако ни Кенэ, ни Маркс, ни их многочисленные последователи не интересовались феноменом переключающегося производства и не рассматривали макроуровень как популяцию макроэкономических подсистем. Впервые простейшая модель такого рода была предложена нами [6] в 1980 г. Рассмотрим эту модель.

Допустим, что в экономике страны величина  $T_{\text{fixed cap}}$  — средний срок службы основного капитала — составляет всего три года ( $T_{\text{fixed cap}} = 3$ ), а  $T_{\text{perg}}$  — среднее время воспроизводства данного капитала, равное одному году ( $T_{\text{perg}} = 1$ ). Допустим также, что весь основной капитал экономики равномерно распределён по возрастному признаку. В этом случае в экономике можно выделить три специфические макроэкономические подсистемы, каждая из которых способна воспроизводить свой основной капитал (программа А) и производить предметы потребления (программа Б) в *переключающемся* режиме. Выполнение программ А и Б подсистемами макроуровня сопровождается накоплением и расходованием денежных средств — "амортизационных" денег. Подсистемы отличаются друг от друга только возрастом основного капитала на начало года  $t$ . Контрагентами подсистем являются домашние хозяйства (которые снабжают рабочей силой все три подсистемы

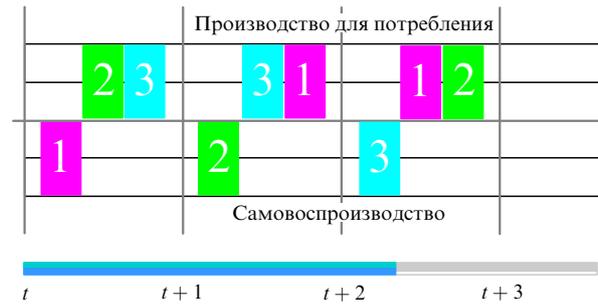


Рис. 1. Функционирование подсистем 1, 2, 3 в режиме переключения в годы  $t, t + 1, t + 2$ .

и являются потребителями произведённой ими продукции) и банк как посредник. Отметим, наконец, что все показатели макроэкономических подсистем измеряются в *текущих* ценах, так что производимый их совокупным действием валовой внутренний продукт (ВВП) является *номинальным* ВВП.

Первая подсистема — самая старая, в начале года  $t$  возраст её основного капитала — 2 года. К этому времени она накопила необходимые амортизационные сбережения и в течение года  $t$  будет воспроизводить свой основной капитал (программа А). Возраст основного капитала второй подсистемы в начале года  $t$  равен 1 году; она будет производить и продавать домашним хозяйствам предметы потребления и накапливать сбережения (программа Б). Третья подсистема — самая молодая: её возраст — 0 лет; в течение года  $t$  она будет вести себя так же, как и вторая подсистема (программа Б).

На следующий год подсистемы в процессе функционирования меняются местами: первая подсистема после обновления основного капитала становится самой молодой, третья оказывается на год старшей, вторая становится самой старой и начинает обновлять свой капитал и т.д. (рис. 1).

Последовательность событий по кварталам года  $t$  будет развёртываться следующим образом. В начале первого квартала года  $t$  подсистемы 1 и 2 имеют накопленные ранее амортизационные средства, которые хранятся в банке. Одна часть этих средств будет использована по кварталам года  $t$  подсистемой 1 для выплаты зарплаты своим работникам, обновляющим в течение этого года основной капитал подсистемы 1. Эти работники приносят заработанные деньги домой. Так они попадают в домашние хозяйства (семьи) 1, концентрирующиеся вокруг подсистемы 1. Другая часть хранящихся в банке амортизационных денег 1 и 2 будет использована в качестве кредитов для формирования оборотных средств подсистем 2 и 3. Считается, что к началу года  $t$  подсистемы 1 и 2 реализуют всю свою продукцию, произведённую в конце года  $t - 1$  (склады пусты): её раскупают домашние хозяйства 1, 2, 3, затрачивая на это заработанные в конце  $(t - 1)$ -го года денежные средства (рис. 2).

В течение первого квартала деньги из подсистем 1, 2, 3 перетекают в домохозяйства 1, 2, 3 в качестве зарплат, склады заполняются готовой продукцией, а домохозяйства потребляют сделанные ранее запасы. Получив зарплаты, домохозяйства начинают покупать произведённые подсистемами 2 и 3 потребительские товары,

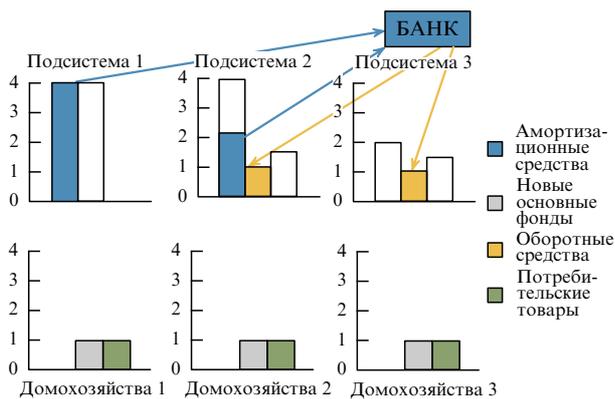


Рис. 2. Состояние экономической системы в начале первого квартала года  $t$ .

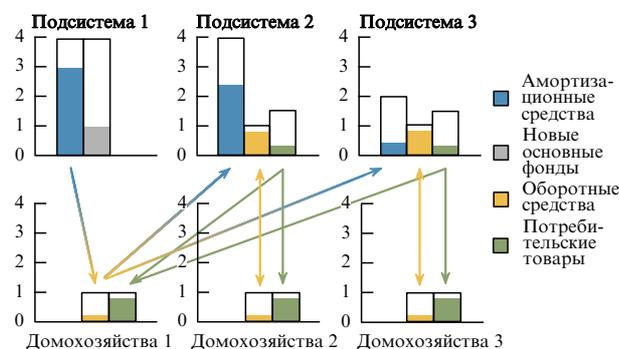


Рис. 3. Функционирование экономической системы в первом квартале года  $t$ .

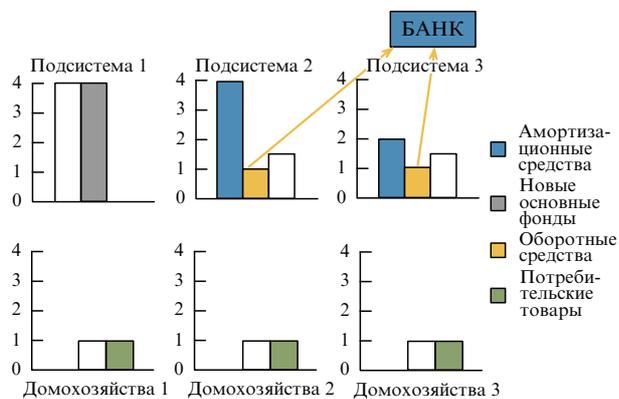


Рис. 4. Состояние экономической системы в конце года  $t$ .

склады предприятий пустеют, деньги возвращаются предприятиям подсистем 2 и 3, которые пополняют ими свои оборотные средства и частично откладывают в амортизационный фонд (соответствующие потоки товаров и денежных средств изображены на рис. 3).

Аналогичным образом циркуляция товаров и денежных оборотных средств происходит во втором, третьем и четвёртом кварталах года  $t$ . В итоге первая подсистема обновляет свой основной капитал, а её амортизационные средства "перекачиваются" в амортизационные фонды подсистем 2 и 3 (рис. 4).

В конце года  $t$  подсистемы 2 и 3 расплачиваются с банком за кредиты, взятые в начале года на обеспечение

текущей деятельности, и экономические системы возвращаются в исходное состояние (см. рис. 2), с тем лишь отличием, что подсистемы поменялись местами: место первой подсистемы заняла вторая, место второй — третья, а место третьей — первая с обновлённым основным капиталом (см. рис. 1).

При простом воспроизводстве подобного рода циклы будут повторяться сколь угодно долго и популяция макроэкономических подсистем будет находиться в динамическом равновесии. Любопытно, что при наличии банка-посредника "амортизационных" денег достаточно для обслуживания всех обменных операций в рассматриваемой экономике, а сами "амортизационные" деньги совершают кругооборот: в своём движении они превращаются в "потребительские" деньги, а "потребительские" деньги вновь превращаются в "амортизационные"<sup>1</sup>.

### 3. Переход к экономическому росту

Допустим, что макроэкономическая подсистема 1 при осуществлении в году  $t$  самовоспроизводства своего основного капитала внедрила новые технологии и создала более эффективный основной капитал. Тогда в году  $t + 1$  она способна произвести (в текущих ценах) больше потребительских благ, чем третья подсистема, также создающая потребительские блага в году  $t + 1$ . Соответственно, совокупное предложение потребительских благ в году  $t + 1$  возрастает. Достаточно ли этого условия для того, чтобы произошёл экономический рост? Вообще говоря, нет: дополнительная продукция не может быть куплена, если количество денег у домохозяйств не увеличится. Дополнительный выпуск продукции приведёт к экономическому росту, если одновременно повысится совокупный платёжеспособный спрос.

Возрастание совокупного платёжеспособного спроса возможно в случае роста денежного предложения и потребительских предпочтений домашних хозяйств. В свою очередь, рост денежного предложения зависит от монетарной политики денежных властей. При этом возможны три следующих варианта монетарной политики.

*Первый вариант.* Размер денежной эмиссии обеспечивает прирост совокупного спроса домашних хозяйств, равный приросту совокупного предложения потребительских благ: имеет место безынфляционный рост.

*Второй вариант.* Размер денежной эмиссии создаёт спрос в размере, большем прироста совокупного предложения потребительских благ: экономический рост сопровождается инфляцией.

*Третий вариант.* Денежной эмиссии нет: рост невозможен, наступает кризис перепроизводства потребительских благ. Поскольку первая подсистема добилась большей производительности и стала более конкурентоспособной, с течением времени она или вытеснит из экономики третью подсистему, или поглотит её капитал. Процесс вытеснения неизбежно будет способство-

<sup>1</sup> По нашей оценке, накопленный амортизационный фонд США на конец 2007 г. составлял примерно 17 трлн долларов. Эта величина почти в 2,5 раза больше американского денежного агрегата M2 (денежного объёма в обращении наличных денег, срочных депозитов, чеков, вкладов до востребования), составившего в 2007 г. 7,4 трлн долларов, и заметно превышает годовой ВВП — 13,8 трлн долларов.

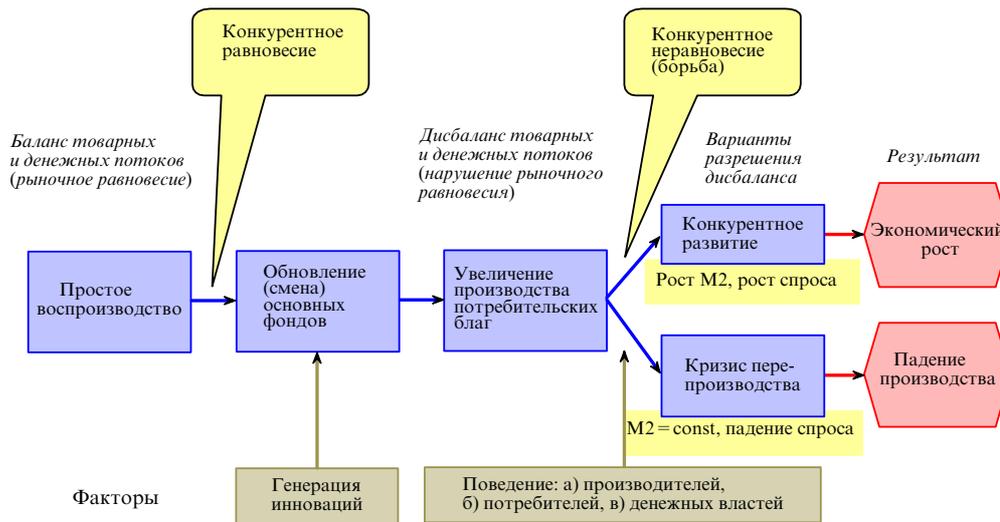


Рис. 5. Схема перехода от простого воспроизводства к экономическому росту.

вать росту безработицы и снижению совокупного потребительского спроса, что чревато экономическим спадом и ростом социальной напряжённости<sup>2</sup>.

Итак, инновации, введённые в году  $t$  в макроэкономическую подсистему 1, в следующем,  $(t+1)$ -м, году порождают *бифуркационное состояние*, выход из которого зависит от политики денежных властей и эволюции потребительских предпочтений. В этой ситуации экономика не может быть описана так, как это было сделано в модели простого воспроизводства. Основное отличие заключается в том, что вместо банка-посредника, который не занимается эмиссионной деятельностью, должен появиться банк-эмитент новых денег или, по выражению Шумпетера, банк, создающий новую покупательную силу [7]. На макроуровне такую функцию выполняет Центральный банк, а основным способом доставки новых денег, эмитируемых Центральным банком, в распоряжение домашних хозяйств, как правило (по крайней мере, в современных индустриально развитых странах), является механизм наращивания государственного долга и соответственно — бюджетный дефицит.

Общая схема, иллюстрирующая переход от простого воспроизводства к экономическому росту, приведена на рис. 5.

Переход от конкурентного равновесия (в условиях простого воспроизводства) к обострению конкурентной борьбы (в условиях разбалансировки экономической системы), способной привести и к экономическому росту, и к экономическому кризису (см. рис. 5), может быть проиллюстрирован моделью роста двух конкурирующих макроэкономических подсистем. Допустим, что динамику производства продукции каждой из этих подсистем отражает следующая логическая схема: *изменение*

*выпуска продукции равно приросту выпуска в условиях отсутствия ресурсных<sup>3</sup> ограничений минус поправка, учитывающая наличие ресурсных ограничений, минус поправка, учитывающая влияние подсистемы-конкурента.*

Математически эта логическая схема сводится к базовой модели конкуренции, широко используемой в исследованиях социальных систем [8, 9]:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1x_1 - b_1x_1^2 - c_1x_1x_2, \quad (1)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = a_2x_2 - b_2x_2^2 - c_2x_1x_2, \quad (2)$$

где  $x_i$  — выпуск  $i$ -й подсистемы ( $i = 1, 2$ ).

Первые два члена в правых частях уравнений (1) и (2) характеризуют процесс автономного развития подсистем при ресурсных ограничениях, но без учёта конкуренции. Третьи члены в правых частях уравнений (1) и (2) учитывают наличие конкуренции. Они входят в уравнения со знаком минус, отражая тот факт, что наличие конкурентов ухудшает экономическое положение рассматриваемой подсистемы и может угрожать самому её существованию. Угроза их существованию вынуждает конкурирующие подсистемы активизировать свою деятельность (в терминах модели — увеличивать  $a_i$ ), причём чем выше уровень угрозы со стороны конкурентов, тем активнее должны быть усилия по наращиванию собственных возможностей. С учётом этого можно записать:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= a_1(1 + h_1x_2)x_1 - b_1x_1^2 - c_1x_1x_2 = \\ &= a_1x_1 - b_1x_1^2 + (h_1a_1 - c_1)x_1x_2, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{dx_2}{dt} &= a_2(1 + h_2x_1)x_2 - b_2x_2^2 - c_2x_1x_2 = \\ &= a_2x_2 - b_2x_2^2 + (h_2a_2 - c_2)x_1x_2. \end{aligned} \quad (4)$$

<sup>2</sup> Исторически третий вариант неоднократно проявлял себя в форме социальных взрывов (например, восстания луддитов в начале XIX в.). Позднее сформировалась практика переквалификации высвобождаемых работников (например, для деятельности в сфере услуг). Именно сфера услуг стала в XX в. той макроэкономической подсистемой, которая впитывала в себя высвобождающуюся в результате инноваций рабочую силу.

<sup>3</sup> Здесь "ресурсы" понимаются в широком смысле: к ним относятся сырье, рабочая сила, денежные ресурсы, платёжеспособный спрос на выпускаемую продукцию и т.п.

Видно, что уравнения (3) и (4), в отличие от (1) и (2), могут описывать как экономический спад (при  $h_1 a_1 - c_1 < 0$ ), так и экономический рост (при  $h_1 a_1 - c_1 > 0$ ). Величина  $h_1 a_1 - c_1$  является бифуркационным параметром, определяющим характер динамики системы. В свою очередь, величина  $h_1 a_1 - c_1$  зависит от параметра  $h_1$ , на значение которого влияет целый ряд факторов: доступность кредитных средств, дешёвых сырьевых ресурсов, квалифицированной рабочей силы, передовых технологий, наличие спроса на выпускаемую продукцию. При различных сочетаниях указанных факторов бифуркационный параметр будет принимать различные значения, от которых, в свою очередь, будет зависеть характер динамики экономической системы (рост, падение или стагнация).

Необходимо иметь в виду, что в действительности параметры  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $h_i$  системы (3), (4) являются не постоянными величинами, а изменяются во времени. Во-первых, на их величину влияет внешняя конъюнктура, например, изменение стоимости ресурсов на рынках труда, сырья, капиталов. Во-вторых, они зависят от институциональных особенностей рассматриваемой экономической системы, от предыстории протекающих в ней процессов. В-третьих, конкурирующие подсистемы в какой-то степени могут влиять на значение данных параметров (например, наращивая инновационную активность или усиливая давление на конкурента). Поэтому ситуация является изменчивой, каждое разбалансирование экономической системы может порождать целый "веер" возможных исходов.

Важно, что динамические модели конкуренции типа (3), (4) позволяют учесть это многообразие и могут стать основой математического описания неравновесных ситуаций, возникающих в результате наличия переключающихся режимов в экономике.

#### 4. Заключение

В математических моделях *мэйнстрима*, как правило, исследуются либо "точечные" состояния рыночного равновесия, либо результирующие тренды устойчивого экономического роста. Эти модели *не решают* поставленную нами задачу перехода от простого воспроизводства к росту. Их сложно использовать как инструмент поддержки принятия экономических решений. Одна из причин подобного положения дел, на наш взгляд, заключается в том, что экономисты-теоретики до сих пор воспринимают макроэкономику исключительно как систему, которая осуществляет в режиме *совместного* производства воспроизводство самой себя и производство потребительских благ. Другой подход к макроэкономике как популяции макроэкономических подсистем, выполняющих те же самые функции, но в режиме *переключающегося* производства, экономисты-теоретики не рассматривают.

Однако именно этот подход, по нашему мнению, открывает серьёзные перспективы для создания принципиально новых экономических моделей, описывающих:

- конкурентные отношения на макроуровне;
- макроэкономические бифуркационные состояния;
- состояния динамического неравновесия денежных и товарных потоков при внедрении инноваций и последующем изменении поведения производителей, потребителей и денежных властей.

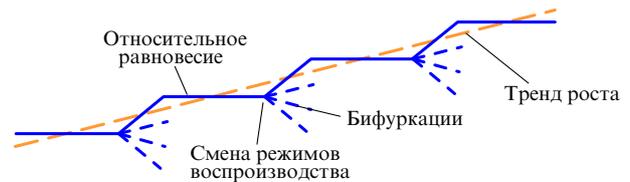


Рис. 6. Моделирование экономического роста через последовательность бифуркаций.

Особенность предлагаемого подхода состоит в том, что он не настроен на поиск тренда устойчивого роста. Напротив, он показывает, каким образом в результате систематических переходов от одних бифуркационных состояний к другим экономика то выходит на траекторию экономического роста, то впадает в рецессию, то стагнирует, то вновь возвращается к росту (рис. 6).

При таком понимании макроэкономики центр тяжести научных исследований в области экономической теории смещается в сторону анализа конфликта интересов, каждый раз обостряющегося при внедрении радикальных инноваций. Что касается исследований в области математического моделирования, то в данном случае актуальными являются следующие направления развития математических методов:

- моделирование нестационарных и несинхронных режимов функционирования экономических систем;
- моделирование взаимодействия товарных и денежных потоков в нестационарных условиях;
- моделирование влияния обратных положительных связей (эффектов положительной отдачи) в экономических системах;
- моделирование бифуркаций в экономических системах и определение критических значений экономических параметров, определяющих переход от одного режима функционирования к другому.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 09-02-00747а).

#### Список литературы

1. Lancaster K *Mathematical Economics* (New York: Macmillan, 1968) [Ланкастер К *Математическая экономика* (М.: Советское радио, 1972)]
2. Шараев Ю В *Теория экономического роста* (М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006)
3. Глазьев С Ю *Теория долгосрочного технико-экономического развития* (М.: Владар, 1993)
4. Quesnay F *Physiocratie* (Leyde et Paris: Chez Merlin, 1768) [Кенэ Ф *Физиократы. Избранные экономические произведения* (М.: Эксмо, 2008) с. 279]
5. Маркс К, Энгельс Ф *Избранные произведения* Т. 8 (М.: Политиздат, 1987)
6. Маевский В И *Изв. АН СССР. Сер. экономическая* (6) 71 (1980)
7. Schumpeter J *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* (Leipzig: Duncker & Humblot, 1912) [*The Theory of Economic Development* (New Brunswick, NJ: Transaction Books, 1983); Шумпетер Й *Теория экономического развития* (М.: Прогресс, 1982)]
8. Чернавский Д С *Синергетика и информация: динамическая теория информации* (М.: УРСС, 2004)
9. Малков С Ю *Социальная самоорганизация и исторический процесс: Возможности математического моделирования* (М.: ЛИБРОКОМ, 2009)