

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ И УБЫВАЮЩЕЙ ОТДАЧИ В ОТКРЫТОЙ ЭКОНОМИКЕ<sup>1</sup>

МАЛКОВ С. Ю.\*

В работе предложена базовая математическая динамическая макромодел, описывающая торговое взаимодействие между богатыми и бедными странами с учетом как материальных, так и денежных потоков. Исследованы условия появления экономического роста и возникновения «ловушки бедных стран» в результате такого взаимодействия. Показано, что торговое взаимодействие может приводить к эффектам убывающей и возрастающей отдачи.

**Ключевые слова:** экономический рост, ловушка бедных стран, математическое моделирование.

In the work the base mathematical dynamic macrolevel model is proposed which describes commercial interaction between rich and poor countries taking into account the flows of goods and money. The conditions of economic growth and appearance of “poverty trap” for poor countries as a result of such interactions are investigated. It is shown, that the trade can lead to effects of increasing and diminishing returns.

**Key words:** economic growth, poverty trap at the nation level, the mathematical simulation.

**JEL code:** C65.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на наличие большого количества математических моделей макроэкономических процессов, мировой финансовый кризис 2008 года не был ими предсказан. Это вызвало волну скепсиса в отношении возможностей макроэкономического моделирования. Характерно в этом отношении высказывание Э.Райнерта: «В экономической науке идеология и методология сегодня переплелись вокруг несчастливого обстоятельства, что „математизация” неоклассической парадигмы требует предпосылок, изображающих рыночную экономику как некую утопию гармонии и равенства. То, что экономику стали рассматривать сквозь призму математики, имело серьезные идеологические последствия. Экономической науке позволили стать нерелевантной» (Райнерт, 2011, с. 184).

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-06-00576.

\* s@malkov.org.

Э. Райнерт противопоставляет «стандартный канон» в экономической науке, представленный именами А. Смита, Д. Рикардо, Л. Вальраса, А. Маршала, П. Самуэльсона и других теоретиков, чьи положения легли в основание математических моделей современного экономического мейнстрима, «другому канону», представленному именами Ф. Листа, А. Гамильтона, Й. Шумпетера, В. Зомбарта и других экономистов, нацеленных на практическую экономику, на решение конкретных прикладных вопросов. Основные отличия «стандартного» и «другого» канонов приведены в таблице 1, составленной на основе работы (Райнерт, 2011).

Действительно, подавляющее большинство математических моделей в экономике ориентировано на описание рыночных равновесий в условиях убывающей отдачи (предмет интереса представителей «стандартного канона») и не приспособлено для изучения нестационарных и неравновесных процессов при наличии возрастающей отдачи (предмет интереса представителей «другого канона»). Это стимулирует потребность в создании макроэкономических моделей, которые позволяли бы:

- моделировать *динамические процессы* (а не только их результаты) с учетом их *неравновесности*;

- моделировать *конкуренцию* макроэкономических агентов;

- учитывать влияние *инноваций* и *возрастающей отдачи*;

- отдельно моделировать потоки *товаров* и *денег*, анализировать ситуации их *разбаланса* (инфляционные и дефляционные процессы);

- моделировать меры *регулирования* экономических процессов (посредством online изменения параметров в ходе расчетов).

Работы в данном направлении ведутся как за рубежом (Krugman, 1979; Romer, 1986; Krugman, 1991, и др.), так и в России, в частности в Центре эволюционной экономики Института экономики РАН (Кирдина, Малков, 2008; Кирдина, Малков, 2010; Маевский, Малков, 2011а; Маевский, Малков, 2011б). В настоящей работе представлены некоторые модели указанного типа, нацеленные на анализ неравновесных ситуаций. Представленные модели предназначены для исследования влияния технологического развития на экономический рост с учетом торгового взаимодействия государств с целью выявления эффектов возрастающей и убывающей отдачи в открытых экономиках. Моделирование проводится в несколько этапов.

Сначала проводится анализ развития отдельной страны в отсутствие торгового взаимодействия с другими странами (автономное развитие), исследуются вопросы макроэкономической динамики и условия экономического роста в отдельно взятой стране.

Таблица 1. Различие взглядов на экономику у представителей «стандартного» и «другого» канонов (согласно Райнерт, 2011)

<b>Стандартный канон</b>	<b>Другой канон</b>
Интерес к статике, к равновесным процессам	Интерес к изменениям, к неравновесным процессам
Идеальная ситуация — совершенная конкуренция	Реальная ситуация — конкуренция, движимая инновациями
Движущая сила экономики — капитал как таковой	Движущая сила экономики — инновации, создающие спрос на создание капитала
Ключевой фактор экономической динамики — убывающая отдача от масштаба	Ключевой фактор экономической динамики — возрастающая отдача от масштаба
Экономика — саморегулирующаяся система, стремящаяся к равновесию и гармонии	Экономике свойственна нестабильность, стабильность достигается при помощи стратегических мер
Статический оптимум, совершенная рациональность и информированность	Динамическая оптимизация в условиях нестабильности и неопределенности, ограниченная рациональность
Реальная и финансовая экономика не различаются	Конфликты между реальной и финансовой экономикой (требуется регулирование)
Воздержание от потребления приводит к накоплениям, которые считаются причиной роста	Накопления как таковые не способствуют росту и не являются для него желательными

Далее рассматривается ситуация, когда две похожие по своим характеристикам страны вступают в торговое взаимодействие и возникает торговая конкуренция. Рассматриваются возможности равновесной и неравновесной динамики. Анализируются условия, при которых торговое взаимодействие носит взаимовыгодный характер.

Далее рассматривается ситуация асимметричного торгового взаимодействия, когда одна страна экспортирует продукцию обрабатывающей промышленности, а другая — сырье. Рассматриваются закономерности такого взаимодействия, феномен «ловушки сырьевых стран» (Райнерт, 2011). Анализируются условия преодоления данной ловушки.

И наконец, рассматривается ситуация взаимодействия технологически развитой страны, экспортирующей продукцию обрабатывающей промышленности, и менее развитой страны, имеющей как экспортноо-

риентированный сырьевой сектор, так и внутриориентированный сектор обрабатывающей промышленности. Анализируются условия преодоления второй страной «ловушки сырьевых стран» и перехода ее на траекторию технологического развития.

## 2. БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ СТРАНЫ (АВТОНОМНОЕ РАЗВИТИЕ)

### Описание модели

Модель носит агрегированный характер. В данной модели: экономика представлена как система взаимодействия двух секторов:

- производственного сектора (ПС), который производит товары и услуги для конечного потребления,

- домохозяйств (ДХ), которые потребляют производимые ПС товары и услуги и одновременно участвует в производстве, обеспечивая ПС рабочей силой. В модели принято, что экономическая система замкнута, то есть хозяйственные связи с внешним миром отсутствуют;

- используется макроэкономический подход, в соответствии с которым вся продукция ПС, произведенная в единицу времени, рассматривается в виде агрегированного продукта, стоимость которого в постоянных ценах равна  $F$  (однопродуктовая модель). В текущих ценах стоимость продукции равна  $F \cdot p$ , где  $p$  — индекс цен (дефлятор);

- продукция ПС потребляется как населением (сектором ДХ), так и самим ПС (с целью поддержания воспроизводственного процесса). Источником поступления денежных средств в сектор ПС является приобретение произведенных в нем товаров и услуг населением, источником поступления денежных средств в сектор домохозяйств является зарплата, которую население получает за работу в производственном секторе (считается, что величина зарплаты пропорциональна стоимости выпускаемой продукции);

- помимо выплат зарплаты и расходов на обеспечение производственного процесса (внутреннее потребление) денежные средства сектора ПС расходуются также на накопление (потенциальные инвестиции). Воспроизводство экономики обеспечивается за счет использования накоплений в производственном секторе;

- население расходует свои денежные средства на потребление и сбережение. Спрос населения на агрегированный продукт ПС определяется функцией потребительского спроса, которая примерно пропорциональна покупательной способности имеющихся у населения денежных средств;

- параметры спроса и предложения зависят от покупательной способности денежных средств, то есть от того, какое количество продукта

можно приобрести на одну денежную единицу при складывающемся уровне инфляции (то есть покупательная способность денежной суммы  $M$  при индексе цен  $p$  равна  $M/p$ );

— производство продукции за единицу времени зависит от произведенных затрат, при этом с ростом масштабов производства количество произведенной продукции на единицу затрат может как уменьшаться (уменьшающаяся отдача), так и увеличиваться (увеличивающаяся отдача). Производство продукции в единицу времени описывается производственной функцией  $F(M/p)$  — зависимостью количества производимого продукта от затраченных финансовых средств с учетом их покупательной способности.

Взаимодействие между секторами рассматривается в модели одновременно и через движение продукта, и через денежные потоки. При этом денежные средства лишь опосредуют движение продукта. Избыточная величина денежных средств формирует ситуацию инфляции, а недостаточная — дефляцию. В первом случае индекс цен  $p$  больше нуля, во втором — меньше нуля.

Обобщенная схема денежных потоков в двухсекторной экономике представлена на рисунке 1.

Здесь  $M_p(t)$  — величина денежных средств в производственном секторе (ПС) в момент времени  $t$ ;  $M_h(t)$  — величина денежных средств у населения (сектор ДХ) в момент времени  $t$ ; стрелки отражают движение денежных потоков между секторами. Динамическими переменными модели являются величины  $M_p(t)$ ,  $M_h(t)$  и  $p(t)$ . Изменение этих величин описывается уравнениями:

$$dM_p/dt = k_h \cdot M_h - h \cdot F \cdot p, \quad (1)$$

$$dM_h/dt = h \cdot F \cdot p - k_h \cdot M_h, \quad (2)$$

$$dp/dt = a \cdot (k_h \cdot M_h + k_p \cdot M_p - F \cdot p), \quad (3)$$

Уравнения (1) и (2) описывают изменения денежных средств в единицу времени в секторах ПС и ДХ. Эти изменения определяются ди-

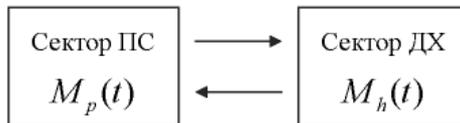


Рис. 1. Обобщенная схема денежных потоков в двухсекторной экономике

наимкой доходов и расходов секторов, величины которых отражены в правых частях уравнений. В модели принято, что население на потребление в единицу времени тратит долю  $k_h$  имеющихся средств (член  $k_h \cdot M_h$ ). Принято также, что совокупные доходы домохозяйств (включая зарплаты, дивиденды и т. д.) составляют долю  $h$  от стоимости производимой продукции.

Уравнение (3) описывает динамику индекса цен  $p(t)$ , которая зависит от дисбаланса спроса и предложения. Спрос на продукцию состоит из спроса населения на потребительские товары (член  $k_h \cdot M_h$ ) и спроса на производственные фонды (член  $k_p \cdot M_p$ , где  $k_p$  — доля средств производственного сектора, которая расходуется на воспроизводство основных фондов), предложение определяется выпуском продукции  $F \cdot p$ ;  $a$  — коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость установления равновесных цен ( $dp/dt$ ) и характер взаимодействия сферы производства и обращения. В случае неизменных цен  $a = 0$ . Если величина производимой продукции  $F \cdot p$  больше, чем спрос на нее, то цена падает, и наоборот.

Выражение для величины  $F$  зависит от условий и характера производства. В простейшем случае для  $F$  может быть использовано выражение:

$$F = f \cdot (k_p \cdot M_p / p)^c, \quad (4)$$

которое отражает зависимость выпуска продукции от величины вложений в производство с учетом их покупательной способности;  $f$  — параметр, характеризующий эффективность отдачи от вложений в производство (чем выше значение  $f$ , тем больше выпуск продукции на единицу вложенных средств). Показатель степени  $c$  в выражении для  $F$  характеризует отдачу от вложений. При  $c < 1$  предельные издержки производства возрастают (убывающая отдача от вложений), при  $c > 1$  — убывают (возрастающая отдача), при  $c = 1$  — остаются неизменными (постоянная отдача).

Система уравнений (1) - (2) отражает ситуацию, когда суммарное количество денег в системе не изменяется, эмиссия отсутствует:

$$M_p(t) + M_h(t) = M = const. \quad (5)$$

Возможны ситуации, когда общее количество денег в экономической системе  $M(t)$  изменяется экзогенным образом, например, в результате эмиссии, и т. п. Тогда уравнения (1) и (2) изменяются следующим образом:

$$dM_p/dt = k_h \cdot M_h - h \cdot F \cdot p + \Delta M_p, \quad (6)$$

$$dM_h/dt = h \cdot F \cdot p - k_h \cdot M_h + \Delta M_h, \quad (7)$$

где  $\Delta M_p$  и  $\Delta M_h$  — экзогенное изменение денежных средств в секторах в единицу времени.

### Результаты моделирования

Моделирование *простого воспроизводства* является важным этапом анализа функционирования экономической системы. С одной стороны, это наиболее простой для анализа случай, позволяющий выявить важнейшие особенности происходящих экономических процессов. С другой стороны, большинство ситуаций в реальной экономике достаточно близки к режиму простого воспроизводства и могут рассматриваться как некие отклонения от данного режима, являющегося в этом смысле базовым.

В рамках рассматриваемой модели условиями простого воспроизводства является сохранение постоянства значений переменных модели с течением времени. Математически это означает равенство нулю правых частей уравнений (1)–(2). В этом случае модель (1)–(5) принимает вид:

$$k_h \cdot M_h - h \cdot F \cdot p = 0, \quad (8)$$

$$k_h \cdot M_h + k_p \cdot M_p - F \cdot p = 0, \quad (9)$$

$$M_p + M_h = M, \quad (10)$$

$$F = f \cdot (k_p \cdot M_p / p)^c. \quad (11)$$

Уравнение (8) отражает тот факт, что платежеспособный спрос на потребительскую продукцию определяется совокупными доходами населения. При простом воспроизводстве сколько денег население получает в виде доходов за некий период времени, столько же оно и тратит в этот период времени на покупки.

Уравнение (9) отражает тот факт, что валовый выпуск в экономической системе ( $F \cdot p$ ) расходуется на потребление ( $k_h \cdot M_h$ ) и воспроизводство основного капитала — инвестиции ( $k_p \cdot M_p$ ). Уравнение (9) является прямым аналогом известного макроэкономического соотношения:

$$Y = C + I, \quad (12)$$

где  $Y$  — ВВП,  $C$  — конечное потребление,  $I$  — инвестиции. В стоимостном выражении величине  $Y$  соответствует  $F \cdot p$ , величине  $C$  соответствует  $k_h \cdot M_h$ , величине  $I$  соответствует  $k_p \cdot M_p$ .

Система (8)–(11) имеет аналитическое решение, которое характеризует состояние динамического равновесия в экономике страны. По существу, система (8)–(11) представляет собой простейшую *модель общего*

равновесия, относящуюся к классу так называемых CGE-моделей (Макаров и др., 2007). Если показатель степени  $c < 1$  (ситуация убывающей отдачи), то состояние равновесия устойчивое (этот случай описан в работах Р. Солоу (Solow, 1956). Если показатель степени  $c > 1$  (ситуация возрастающей отдачи), то состояние равновесия неустойчивое (Кирдина, Малков, 2008; Кирдина, Малков, 2010). Если показатель степени  $c = 1$  (ситуация постоянной отдачи), то состояние равновесия существует, но при изменении параметров системы будет изменяться (этот случай будет описан ниже).

Итак, рассмотрим случай  $c = 1$ , соответствующий ситуации постоянной отдачи (эта ситуация характерна для краткосрочных и среднесрочных экономических процессов при экстенсивном росте). В этом случае из (8)–(11) следует:

$$M_p = M \cdot k_h / (k_h + k_p \cdot (f-1)), M_h = M \cdot k_p \cdot (f-1) / (k_h + k_p \cdot (f-1)). \quad (13)$$

При  $k_p = k_h = 1$  (это условие означает, что производственный сектор и население не создают избыточных запасов денежных средств, а полностью используют их соответственно для производства и потребления) выражения (13) приобретают особенно простой вид:

$$M_p = M/f, M_h = M \cdot (f-1)/f. \quad (14)$$

При этом в условиях простого воспроизводства должно выполняться соотношение:

$$h = (f-1)/f, \quad (15)$$

обеспечивающее баланс между выпуском потребительской продукции и платежеспособным спросом на нее. При нарушении соотношения (14) динамическое равновесие исчезает и экономическая система дестабилизируется.

На рисунке 2 представлены результаты расчетов динамики экономической системы в условиях простого воспроизводства при значениях параметров:  $f = 4$ ,  $h = 3/4$ ,  $k_h = k_p = 1$ .

На этом и последующих рисунках по оси абсцисс отложено время (одна единица — 3 дня). Видно, что при простом воспроизводстве характеристики экономической системы остаются постоянными, реализуется ситуация динамического равновесия.

Как отмечалось выше, случай простого воспроизводства важен потому, что к нему близки экономические ситуации, для которых характерна относительная стабильность и отсутствие резких изменений. По этой причине при моделировании экономических шоков и неравновесных процессов простое воспроизводство можно использовать как начальное состояние экономической системы.

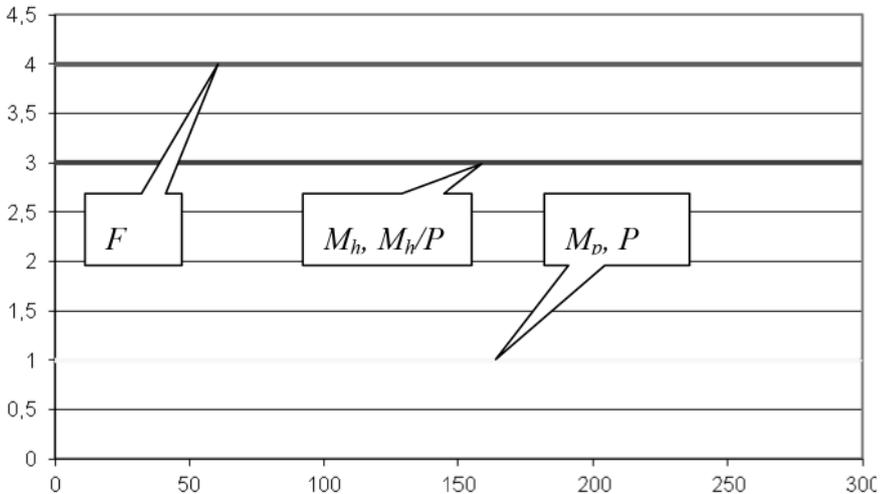


Рис. 2. Динамика экономической системы в условиях простого воспроизводства ( $M_p = 1$ ;  $M_h = 3$ ;  $p = 1$ ;  $F = 4$ ;  $M_h/p = 3$ )

Рассмотрим ситуацию, когда динамическое равновесие, реализуемое в режиме простого воспроизводства, нарушается, например, вследствие увеличения уровня доходов без одновременного повышения объемов производства потребительских товаров (то есть  $h > (f-1)/f$ ). Эта ситуация отражена на рисунке 3, где величина  $h$  увеличена с 0,75 (что соответствует режиму простого воспроизводства, рис. 2) до 0,85.

Видно, что завышение величины  $h$  приводит к ситуации товарного дефицита и к инфляционным процессам. Увеличение денежных выплат населению реально идет за счет снижения доли инвестиций в ВВП, что приводит к снижению фактического производства ( $F$ ) и реального уровня жизни ( $M_h/p$ ). В этой ситуации надо либо уменьшать уровень доходов, либо наращивать производство товаров  $F$ , чтобы опять установилось необходимое для простого воспроизводства условие баланса (15):  $h = (f-1)/f$ . Первый путь не желателен по политическим причинам, так как может вызвать социальные волнения; второй путь требует интенсификации усилий общества, что не всегда достижимо. В любом случае это неблагоприятная ситуация, в которую лучше не попадать, однако она возникает достаточно часто в случаях, когда правительство проводит популистскую политику.

Рассмотрим обратную ситуацию, когда  $h < (f-1)/f$ , то есть когда стоимость произведенных товаров превышает доходы населения. Такая

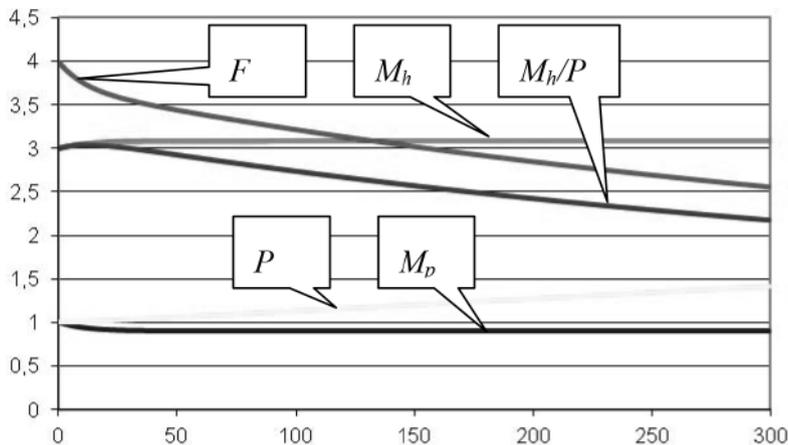


Рис. 3. Динамика экономической системы при завышенном уровне доходов населения (по отношению к режиму простого воспроизводства)

ситуация возникает, когда производство растет при тех же затратах труда вследствие научно-технического прогресса (технологических инноваций) или когда уровень зарплат сознательно занижается работодателями. Это ситуация относительного перепроизводства товаров; результаты ее моделирования приведены на рисунке 4, где величина  $h$  уменьшена с 0,75 (что соответствует режиму простого воспроизводства, рис. 2) до 0,65.

Видно, что занижение величины  $h$  приводит к ситуации относительного товарного избытка и к дефляционным процессам (величина  $p$  уменьшается). В принципе, для населения это — благоприятная ситуация (те, кто жил в послевоенные годы в СССР, с удовлетворением вспоминают, как снижались цены на продукты). Однако в условиях рыночной экономики дефляция — очень нежелательная ситуация для производителей: производственные расходы становятся меньше доходов, прибыль становится отрицательной, начинаются массовые банкротства. Поэтому для рыночной экономики ситуация, отраженная на рисунке 4, в реальности невозможна. Реален кризис перепроизводства и последующая депрессия. Благоприятным может быть лишь выход, когда избыточную продукцию кто-нибудь купит.

Если экономическая система *замкнута*, то купить продукцию может только собственное население. Для этого нужна дополнительная *эмиссия денег*, которая направлялась бы населению (например, через

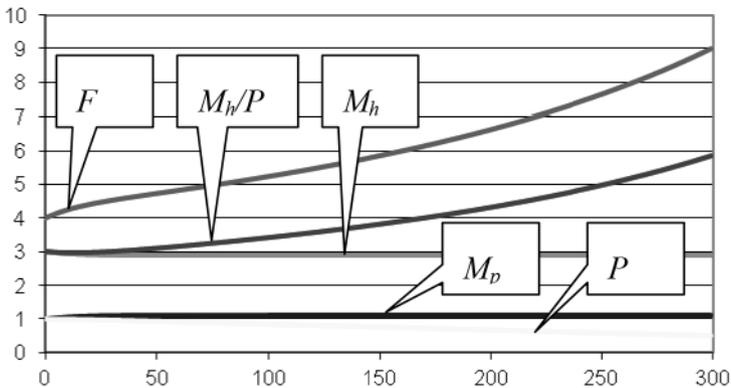


Рис. 4. Динамика экономической системы при заниженном уровне доходов населения (по отношению к режиму простого воспроизводства)

государственные расходы при дефицитном бюджете) и повышала бы его платежеспособный спрос. При этом данные вливания должны быть сбалансированными. Избыточное увеличение денежной массы приведет к инфляции и в конечном итоге может привести к замедлению и прекращению роста. Идеальным является такое увеличение денежной массы, которое в точности компенсирует рост физического объема производимой продукции. В этом случае будет иметь место безынфляционный ( $p(t) = 1$ ) экономический рост. Такая ситуация изображена на рисунке 5. На нем отражены результаты расчета динамики экономической системы с теми же характеристиками, что и на рис. 3, но с дополнительным постепенным «вливанием» в население денег в количестве, обеспечивающим отсутствие как дефляции, так и инфляции (темп «вливания» отражен на рисунке 6).

Из рисунков видно, что, несмотря на существенные эмиссионные вливания денежной массы, инфляция отсутствует ( $p(t) = 1$ ). Характерно, что экономический рост при этом имеет экспоненциальный характер (рис. 5)

Рассмотренная ситуация характерна для развитых стран, в которых под воздействием инноваций растет производительность труда и объем производимой продукции (возрастающая отдача) и в которых основной проблемой является обеспечение платежеспособного внутреннего спроса на эту продукцию (общество потребления). В этих странах денежная

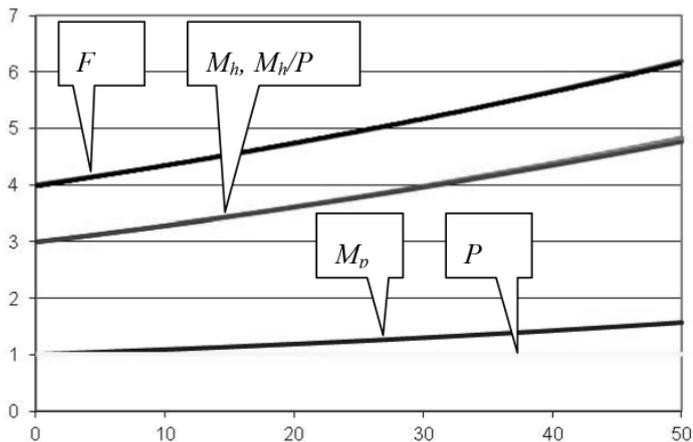


Рис. 5. Динамика экономической системы при дополнительной эмиссии, стимулирующей потребительский спрос и обеспечивающей безынфляционный рост экономики

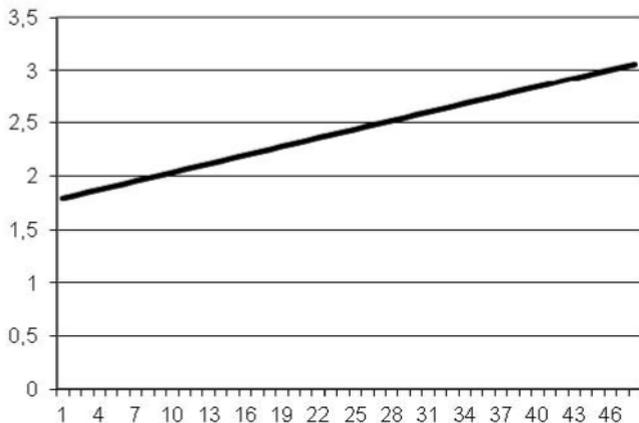


Рис. 6. Темп дополнительной эмиссии, обеспечивающей безынфляционный экономический рост

масса  $M_2$  растет с темпами даже более высокими, чем ВВП (рис. 7): без этого экономический рост был бы невозможен. Именно поэтому население развитых стран имеет высокие доходы: на произведенную продукцию должен существовать платежеспособный спрос.

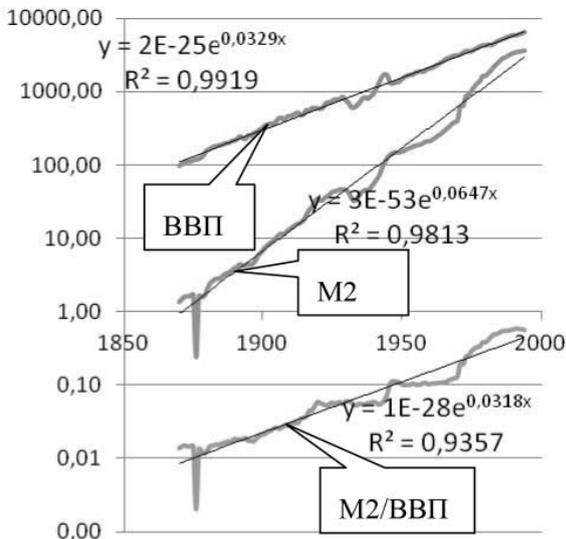


Рис. 7. Динамика ВВП, денежной массы M2 и уровня монетизации (M2/ВВП) в США

Источник: Румянцева, 2003.

Если экономическая система *незамкнута* (то есть возможна международная торговля), то относительный избыток продукции можно экспортировать в другие страны. В этом случае дополнительная эмиссия за счет дефицита бюджета *не требуется*, поскольку приток валюты осуществляется извне. Если этот приток валюты направляется на инвестирование, то идет экономический рост, расширение производства и повышение благосостояния населения (рис. 5). По такому пути шли Япония, Южная Корея, сейчас по этому пути идет Китай.

### 3. МОДЕЛЬ ТОРГОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ СТРАН, ПРОИЗВОДЯЩИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ТОВАРЫ НА ВНЕШНИЙ РЫНОК

#### Описание модели

Пусть имеется две страны, развитие которых в отсутствие взаимодействия описывается уравнениями (1)–(4). Страны имеют национальные валюты. Будем считать, что торговое взаимодействие выражается в том, что население  $i$ -й страны может покупать потребительскую продукцию  $j$ -й страны (импортную продукцию) и готово тратить на это

долю  $k_{hij}$  своих средств. Импортная продукция покупается за валюту и по ценам страны-экспортера. Обменный курс валют устанавливается на основе взаимного спроса на валюты, возникающего в ходе торгового обмена.

На рис. 8 представлена обобщенная схема торгового взаимодействия двух стран, отражающая потоки денежных средств при указанных выше предположениях (потоки средств из одной страны в другую подлежат обмену по текущему валютному курсу).

Соответствующая базовая математическая модель может быть описана уравнениями (16)–(25).

Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных первой страны:

$$dM_{p1}/dt = k_{h11} \cdot M_{h1} + k_{h21} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} - h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 + \Delta M_{p1}, \quad (16)$$

$$dM_{h1}/dt = h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 - (k_{h11} + k_{h12}) \cdot M_{h1} + \Delta M_{h1}, \quad (17)$$

$$dp_1/dt = a_1 \cdot (k_{h11} \cdot M_{h1} + k_{h21} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} + k_{p1} \cdot M_{p1} - F_1 \cdot p_1), \quad (18)$$

$$F_1 = f_1 \cdot (k_{p1} \cdot M_{p1} / p_1)^{c_1}. \quad (19)$$

Здесь  $k_{h11}$  — доля средств, расходуемых населением страны 1 на покупку отечественной продукции;  $k_{h12}$  — доля средств, расходуемых населением страны 1 на покупку продукции страны 2;  $k_{h21}$  — доля средств, расходуемых населением страны 2 на покупку продукции страны 1;  $b_{21}$  — обменный курс валюты  $M_2$  на валюту  $M_1$  (на сколько единиц

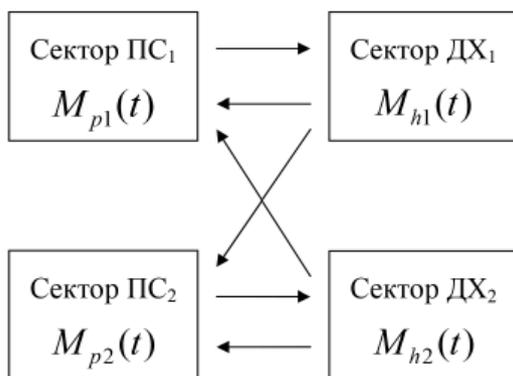


Рис. 8. Обобщенная схема торгового взаимодействия двух стран (случай торговли потребительскими товарами)

валюты  $M_1$  можно обменять одну единицу валюты  $M_2$ ). В уравнениях учтено влияние торгового взаимодействия на характеристики спроса и динамику цен.

Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных второй страны:

$$dM_{p2}/dt = k_{h22} \cdot M_{h2} + k_{h12} \cdot M_{h1} \cdot b_{12} - h_2 \cdot F_2 \cdot p_2 + \Delta M_{p2}, \quad (20)$$

$$dM_{h2}/dt = h_2 \cdot F_2 \cdot p_2 - (k_{h22} + k_{h21}) \cdot M_{h2} + \Delta M_{h2}, \quad (21)$$

$$dp_2/dt = a_2 \cdot (k_{h22} \cdot M_{h2} + k_{h12} \cdot M_{h1} \cdot b_{12} + k_{p2} \cdot M_{p2} - F_2 \cdot p_2), \quad (22)$$

$$F_2 = \hat{f}_2 \cdot (k_{p2} \cdot M_{p2} / p_2)^{e2}. \quad (23)$$

Эти уравнения аналогичны уравнениям (16)–(19) для страны 1;  $b_{12}$  — обменный курс валюты  $M_1$  на валюту  $M_2$  (на сколько единиц валюты  $M_2$  можно обменять одну единицу валюты  $M_1$ ).

Уравнения для описания динамики курса валют:

$$db_{21}/dt = a_3 \cdot ((k_{h12} \cdot M_{h1}) / (k_{h21} \cdot M_{h2}) - b_{21}), \quad (24)$$

$$b_{21} \cdot b_{12} = 1. \quad (25)$$

Уравнение (24) отражает рыночное формирование курса валют на основе спроса и предложения. Спрос на валюту  $M_2$  определяется тем, какую часть своих средств население страны 1 тратит на покупку продукции страны 2, и составляет величину  $k_{h12} \cdot M_{h1}$ . Предложение валюты  $M_2$  определяется тем, какую часть своих средств население страны 2 тратит на покупку продукции страны 1, и составляет величину  $k_{h21} \cdot M_{h2}$ . По существу, величина  $b_{21}$  характеризует цену единицы валюты  $M_2$  в единицах валюты  $M_1$ .

Уравнение (25) отражает тот факт, что величины  $b_{21}$  и  $b_{12}$  обратно пропорциональны друг другу.

### Результаты моделирования

В системе (16)–(25) возможен режим простого воспроизводства в обеих странах в условиях сбалансированного торгового обмена. В этом случае правые части уравнений (16)–(25) равны нулю, то есть все потоки денег в системе скомпенсированы обратными потоками.

Если одна из стран более развита (например, имеет более высокое значение  $\hat{f}$ , выпускает более качественную продукцию) и ее продукция пользуется повышенным спросом, то она во взаимной торговле получает преимущество, при этом курс ее валюты начинает расти. В указанном слу-

чае она может проводить дополнительную эмиссию без угрозы инфляции, обеспечивая свой экономический рост и закрепляя свои конкурентные преимущества на внешнем рынке (так как эмиссия сдерживает увеличение курса валюты и предотвращает удорожание экспортируемых товаров в странах-импортерах).

Более того, даже если ситуация абсолютно симметричная (характеристики стран полностью одинаковы), то дополнительная эмиссия своей валюты одной из стран (при отсутствии дополнительной эмиссии в другой стране) дает ей конкурентное преимущество: темпы ее роста становятся выше, происходит экономическая экспансия, наблюдается эффект возрастающей отдачи (рис. 9, время по оси абсцисс и динамика экономического роста по оси ординат даны в относительных единицах).

Данный эффект был также математически описан в (Чернавский, 2004) на основе использования более агрегированной модели «борьбы валют».

Таким образом, эмиссионная политика и принятые правила международного денежного обращения (например, Бреттон-Вудская или Ямайская валютная система) существенным образом влияют на экономические взаимодействия государств, давая существенные преференции странам-эмитентам резервной валюты (этим преференциями в настоящее время активно пользуются США, которые решают свои экономические проблемы во многом за счет ресурсов остального мира).

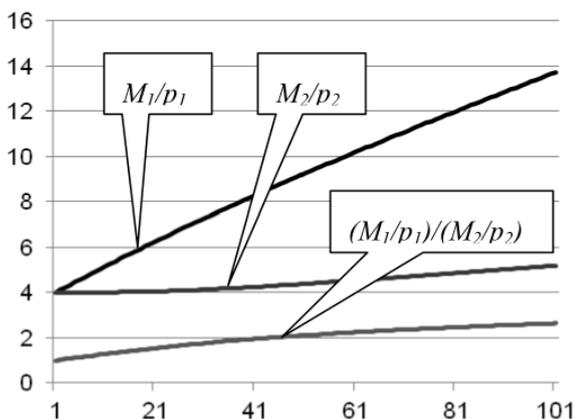


Рис. 9. Динамика экономического роста двух взаимодействующих стран в абсолютном и относительном измерении при одностороннем характере денежной эмиссии (эмиссия проводится страной 1)

Государства, которые оказываются в проигрыше в результате торгового взаимодействия со странами-эмитентами, могут повлиять на ситуацию в свою сторону, если откажутся от свободной конвертации валют и будут сознательно занижать курс своей валюты (это означает исключение из модели уравнения (24) и введение вместо него регулируемого курса  $b_{21}$ ). То же справедливо и для ситуации взаимодействия более развитой и менее развитой стран (развитой и развивающейся стран): развивающаяся страна может улучшить свое положение путем сознательного занижения курса своей валюты (рис. 10, время по оси абсцисс и динамика экономического роста по оси ординат даны в относительных единицах).

Видно, что, занижая валютный курс, развивающаяся страна может усилить свои конкурентные возможности и добиться убыстрения экономического развития (такой политикой в настоящее время усиленно пользуется Китай).

#### **4. МОДЕЛЬ ТОРГОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАНЫ — ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРАНЫ — ПОСТАВЩИКА СЫРЬЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

##### **Описание модели**

В модели рассматривается ситуация торгового взаимодействия двух стран, имеющих разную специализацию: первая страна имеет развитую обрабатывающую промышленность и торгует на внешнем рынке потребительскими товарами и промышленным оборудованием, а вторая страна специализируется на производстве сырьевой продукции (минерального сырья, сельскохозяйственной продукции и т. п.) и на торговле ею на внешнем рынке. Считается, что обрабатывающая промышленность второй страны развита слабо, вследствие чего ее влиянием на экономические процессы в первом приближении можно пренебречь.

Каждая страна имеет свою национальную валюту. В модели принято, что торговое взаимодействие выражается в том, что производственный сектор  $ПС_1$  первой страны покупает сырье, производимое производственным сектором  $ПС_2$  второй страны, по цене  $p_2$ , которая зависит от соотношения спроса и предложения на сырье (считается, что доля импортного сырья в конечной продукции составляет величину  $q$ ). Производственный сектор  $ПС_2$  второй страны покупает необходимое ему производственное оборудование в первой стране. Кроме того, в силу неразвитости обрабатывающей промышленности второй страны, ее население покупает потребительскую продукцию в основном импортного производства. Им-

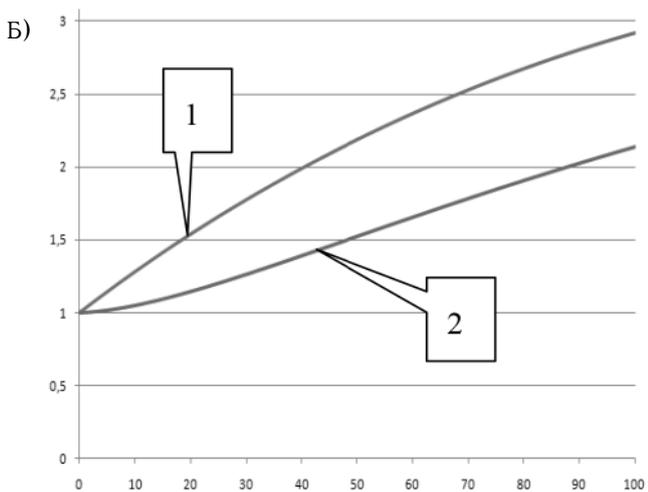
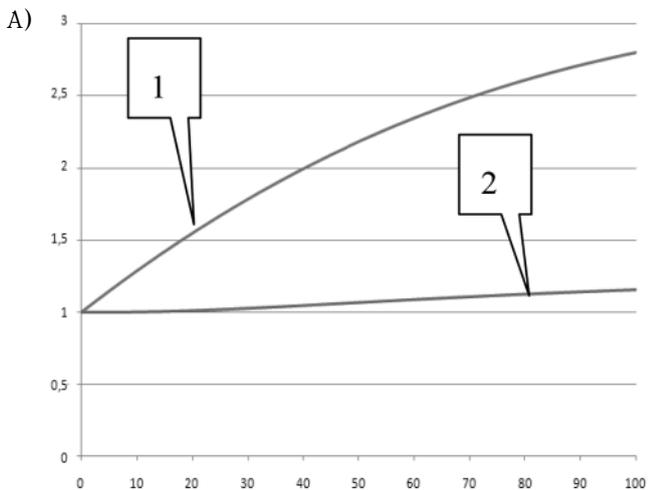


Рис. 10. Влияние валютно-денежной политики развивающейся страны на экономический рост

(1 — динамика ВВП развитой страны, отн. ед.;

2 — динамика ВВП развивающейся страны, отн. ед.)

А) свободный валютный курс,

Б) заниженный валютный курс развивающейся страны

портная продукция покупается за валюту и по ценам страны-экспортера. Обменный курс валют устанавливается на основе взаимного спроса на валюты, возникающего в ходе торгового обмена.

Обобщенная схема такого торгового взаимодействия, отражающая потоки денежных средств при указанных выше предположениях, представлена на рис. 11.

Соответствующая базовая математическая модель может быть описана уравнениями (26)–(35).

Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных первой страны:

$$dM_{p1}/dt = k_{h1} \cdot M_{h1} + k_{h2} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} + k_{p2} \cdot M_{p2} \cdot b_{21} - q \cdot F_1 \cdot p_2 \cdot b_{21} - h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 + \Delta M_{p1}, \quad (26)$$

$$dM_{h1}/dt = h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 - k_{h1} \cdot M_{h1} + \Delta M_{h1}, \quad (27)$$

$$dp_1/dt = a_1 \cdot (k_{h1} \cdot M_{h1} + k_{h2} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} + k_{p2} \cdot M_{p2} \cdot b_{21} + k_{p1} \cdot M_{p1} - F_1 \cdot p_1), \quad (28)$$

$$F_1 = f_1 \cdot (k_{p1} \cdot M_{p1} / p_1)^{c_1}. \quad (29)$$

Эти уравнения аналогичны уравнениям (16)–(19) с учетом того, что страна 2 закупает в стране 1 не только потребительские товары, но и оборудование, а страна 1 закупает в стране 2 сырье.

Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных второй страны:

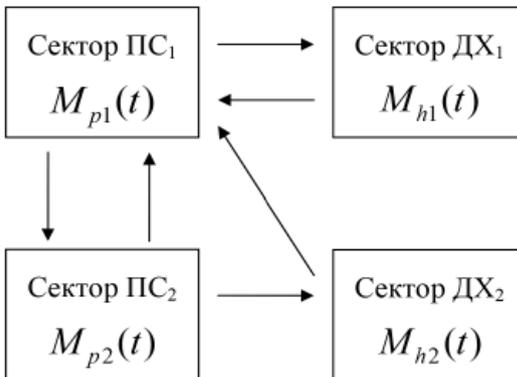


Рис. 11. Обобщенная схема торгового взаимодействия страны — производителя промышленной продукции и страны — поставщика сырьевой продукции

$$dM_{p_2}/dt = q \cdot F_1 \cdot p_2 - h_2 \cdot F_2 \cdot p_2 - k_{p_2} \cdot M_{p_2} + \Delta M_{p_2}, \quad (30)$$

$$dM_{h_2}/dt = h_2 \cdot F_2 \cdot p_2 - k_{h_2} \cdot M_{h_2} + \Delta M_{h_2}, \quad (31)$$

$$dp_2/dt = a_2 \cdot (q \cdot F_1 \cdot p_2 - F_2 \cdot p_2), \quad (32)$$

$$F_2 = f_2 \cdot (k_{p_2} \cdot M_{p_2} \cdot b_{21} / p_1)^{c_2}. \quad (33)$$

Уравнение (30) отражает тот факт, что доходы сектора  $PC_2$  состоят только из экспортной выручки, а расходы кроме выплат зарплат включают в себя закупку импортного оборудования. В уравнении (33) учтена зависимость производственных затрат от цен на импортное оборудование (с учетом валютного курса).

Уравнение для описания динамики курса валют:

$$db_{21}/dt = a_3 \cdot (q \cdot F_1 \cdot p_2 - k_{h_2} \cdot M_{h_2} - k_{p_2} \cdot M_{p_2}). \quad (34)$$

Уравнение (34) отражает рыночное формирование курса валют на основе спроса и предложения. Спрос на валюту  $M_2$  определяется спросом на сырьевую продукцию страны 2 и составляет величину  $q \cdot F_1 \cdot p_2$ . Предложение валюты  $M_2$  определяется спросом со стороны населения и производственного сектора страны 2 на продукцию страны 1.

Естественным образом, величины  $b_{21}$  и  $b_{12}$  обратно пропорциональны друг другу:

$$b_{21} \cdot b_{12} = 1. \quad (35)$$

### Результаты моделирования

В системе (26)–(35) возможен режим простого воспроизводства в обеих странах в условиях сбалансированного торгового обмена. В этом случае правые части уравнений (26)–(35) равны нулю, то есть все потоки денег в системе скомпенсированы обратными потоками. Наличие равновесия обусловлено взаимодополнительностью стран: первая («промышленная») страна поставляет во вторую («сырьевую») страну оборудование и потребительские товары, а вторая страна поставляет в первую необходимое для производства сырье. Такая специализация типична и внутри отдельных стран между их отдельными регионами.

Проблема заключается в том, что промышленное производство, основанное на инновациях, как правило, имеет возрастающую отдачу от масштабов производства ( $c > 1$ ), а сырьевые отрасли имеют, как правило, убывающую отдачу от масштабов производства ( $c < 1$ ) (см., например: Райнерт, 2011). Это приводит к постепенному снижению доходов населения в сырьевых странах по отношению к доходам населения промышленно развитых стран. Результаты одного из вариантов соответствующих расче-

тов по модели (26)–(35) приведены на рис. 12 (по оси абсцисс приведено время в относительных единицах; по оси ординат приведена величина, показывающая, во сколько раз реальные доходы населения промышленно развитой страны выше реальных доходов населения сырьевой страны).

Видно, что сырьевая специализация (если нет возможности монополично диктовать цены на сырье) ведет к относительному снижению благосостояния населения сырьевых стран по отношению к благосостоянию населения промышленно развитых стран. Данная ситуация усугубляется, если на мировом рынке идет конкуренция между сырьевыми странами за импортеров сырья. В этом случае страны-экспортеры вынуждены для повышения конкурентоспособности снижать цены на свое сырье, экономя издержки на его производство. Это приводит к снижению зарплат и других доходов граждан сырьевой страны. Поскольку производители сырья не зависят от покупательной способности собственного населения (в отличие от ситуации в промышленно развитой стране, ориентирующейся на внутренний спрос), то процесс снижения зарплат может зайти достаточно далеко и лимитируется лишь возникновением социальных протестов и развитием политической нестабильности. Сжатие внутреннего платежеспособного спроса препятствует развитию высокотехнологичных производств, ориентированных на производство потребительских товаров. Происходит деиндустриализация страны. Таким образом, страна попадает в так называемую «сырьевую ловушку» или «ловушку бедных стран» (Райнерт, 2011), замораживающую ее развитие. Выйти из этой ловушки можно только в результате целенаправленной политики руководства страны, направленной на развитие высокотехнологичных обрабатывающих производств и повышение внутреннего платежеспособного спроса.

По существу, Россия с начала 1990-х годов при проведении либеральных реформ попала в «сырьевую ловушку» со всеми вытекающими последствиями: деиндустриализацией, деградацией науки и образования, утратой внешних рынков несырьевой продукции и т. п. В последние годы руководством страны осознана опасность такого состояния, предпринимаются попытки исправить положение, в том числе путем стимулирования проектов, направленных на развитие технологий 6-го уклада. Вопрос в том, достаточно ли этих усилий для того, чтобы преодолеть «сырьевую ловушку» и перейти в разряд технологических лидеров, реализующих механизм эндогенного роста. Дело в том, решение этой задачи имеет *пороговый* характер: если прилагаемые усилия будут ниже определенного уровня, то они окажутся нерезультативными и лишь приведут к бесполезной трате средств. Более того, эта трата средств может быть даже вредна (например, обучение специалистов для наукоемких отраслей производства без подготовки соответствующих рабочих мест приведет лишь к «утечке мозгов» за рубеж

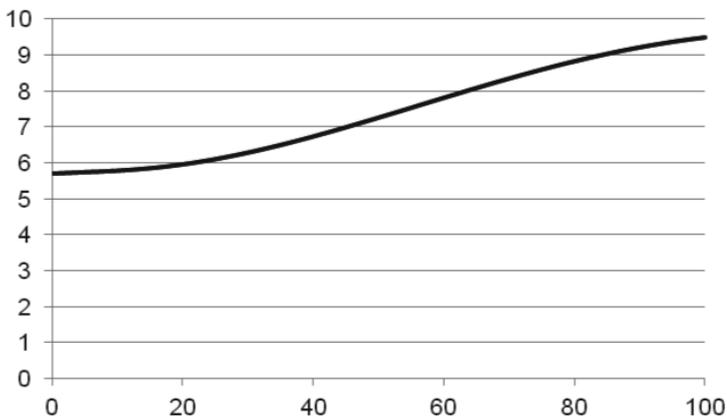


Рис. 12. Рост разницы доходов населения промышленно развитой и сырьевой страны в ходе их торгового взаимодействия

и объективно будет способствовать усилению зарубежных конкурентов). Определить величину существующих порогов и направлений усилий по выходу из «сырьевой ловушки» можно лишь на основе моделирования.

## 5. МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТОЙ И РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ СТРАН

### Описание модели

Рассмотрим наиболее интересную ситуацию, когда происходит торговое взаимодействие экономически развитой страны, специализирующейся на производстве потребительских товаров и промышленного оборудования, и развивающейся страны, которая специализируется на производстве сырьевой продукции на экспорт, но имеет и собственную обрабатывающую промышленность, обслуживающую внутренний рынок. (Отличие от предыдущей ситуации заключается именно в учете наличия обрабатывающей промышленности у развивающейся страны.) В соответствии с этим будем считать, что в развивающейся стране существует два производственных сектора: сырьевой сектор  $ПС_{2c}$  и сектор обрабатывающей промышленности  $ПС_{2n}$ .

Каждая страна имеет свою национальную валюту. Будем считать, что торговое взаимодействие выражается в том, что производственный сектор  $ПС_1$  первой страны покупает сырье, производимое производственным сектором  $ПС_2$  второй страны, по цене  $p_2$ , которая зависит от соотношения спроса и предложения на сырье (примем, что доля импортного сырья в конечной

продукции составляет величину  $q$ ). Пусть, как и в предыдущем случае, сырьевой сектор  $PC_{2c}$  второй страны частично покупает необходимое ему производственное оборудование в первой стране. Население второй страны покупает потребительскую продукцию как отечественного, так и импортного производства. Импортная продукция покупается за валюту и по ценам страны-экспортера. Обменный курс валют устанавливается на основе взаимного спроса на валюты, возникающего в ходе торгового обмена.

Обобщенная схема такого торгового взаимодействия, отражающая потоки денежных средств при указанных выше предположениях, представлена на рис. 13.

Соответствующая базовая математическая модель может быть описана следующими уравнениями. Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных первой страны:

$$dM_{p1}/dt = k_{h1} \cdot M_{h1} + k_{h21} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} + k_{p2c} \cdot M_{p2c} \cdot b_{21} - q \cdot F_1 \cdot p_2 \cdot b_{21} - h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 + \Delta M_{p1}, \quad (36)$$

$$dM_{h1}/dt = h_1 \cdot F_1 \cdot p_1 - k_{h1} \cdot M_{h1} + \Delta M_{h1}, \quad (37)$$

$$dp_1/dt = a_1 \cdot (k_{h1} \cdot M_{h1} + k_{h21} \cdot M_{h2} \cdot b_{21} + k_{p2c} \cdot M_{p2c} \cdot b_{21} + k_{p1} \cdot M_{p1} - F_1 \cdot p_1), \quad (38)$$

$$F_1 = f_1 \cdot (k_{p1} \cdot M_{p1} / p_1)^{c1}. \quad (39)$$

Эти уравнения аналогичны уравнениям (26)–(29) с учетом того, что население страны 2 только часть  $k_{h21}$  своих средств тратит на закупку импортных товаров, а остальную часть тратит на закупку отечественной потребительской продукции.

Уравнения для описания динамики макроэкономических переменных второй страны:

$$dM_{p2c}/dt = q \cdot F_1 \cdot p_2 - h_{2c} \cdot F_{2c} \cdot p_{2c} - k_{p2c} \cdot M_{p2c} + \Delta M_{p2c}, \quad (40)$$

$$dM_{p2n}/dt = k_{h22} \cdot M_{h2} - h_{2n} \cdot F_{2n} \cdot p_{2n} + \Delta M_{p2n}, \quad (41)$$

$$dM_{h2}/dt = h_{2c} \cdot F_{2c} \cdot p_{2c} + h_{2n} \cdot F_{2n} \cdot p_{2n} - (k_{h21} + k_{h22}) \cdot M_{h2} + \Delta M_{h2}, \quad (42)$$

$$dp_{2c}/dt = a_{2c} \cdot (q \cdot F_1 \cdot p_2 - F_{2c} \cdot p_{2c}), \quad (43)$$

$$dp_{2n}/dt = a_{2n} \cdot (k_{h22} \cdot M_{h2} + k_{p2n} \cdot M_{p2n} - F_{2n} \cdot p_{2n}), \quad (44)$$

$$F_{2c} = f_{2c} \cdot (k_{p2c} \cdot M_{p2c} \cdot b_{21} / p_1)^{c2c}, \quad (45)$$

$$F_{2n} = f_{2n} \cdot (k_{p2n} \cdot M_{p2n} / p_{2n})^{c2n}. \quad (46)$$

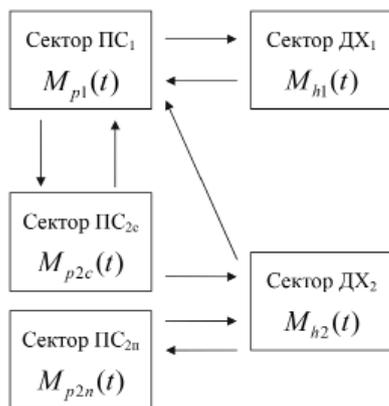


Рис. 13. Обобщенная схема торгового взаимодействия развитой и развивающейся стран

Уравнения (40)–(46) отражают тот факт, что сырьевой сектор работает на экспорт, а сектор обрабатывающей промышленности — на внутреннее потребление. В уравнениях (45)–(46) учтено, что характер отдачи в сырьевом секторе и секторе обрабатывающей промышленности может быть различным.

Уравнение для описания динамики курса валют:

$$db_{21} / dt = a_3 \cdot (q \cdot F_1 \cdot p_2 - k_{h21} \cdot M_{h2} - k_{p2} \cdot M_{p2}). \quad (47)$$

Уравнение (47) аналогично уравнению (34); при этом величины  $b_{21}$  и  $b_{12}$  обратно пропорциональны друг другу:

$$b_{21} \cdot b_{12} = 1. \quad (48)$$

Данная модель позволяет определить параметры экономики и развития технологий, позволяющие развивающейся стране, попавшей в сырьевую ловушку, выйти из нее и перейти к инновационному развитию.

### Результаты моделирования

Моделирование показывает, что в рассматриваемых условиях, когда обрабатывающая промышленность в первой стране более развита (выше производительность труда и отдача от инвестиций, лучше инфраструктура, меньше транзакционные издержки и т. п.), а торговое взаимодействие развитой и развивающейся страны осуществляется по либеральным правилам (свободное перемещение товаров и услуг, рыночное формирование цен и курсов валют), режим простого воспроизводства *отсутствует*, что свидетельствует

вует о принципиальной *неустойчивости* ситуации. Реально происходит вытеснение промышленной продукции развивающейся страны с общего рынка. Это приводит к деиндустриализации развивающейся страны и попаданию ее в «сырьевую ловушку» (см. выше модель 4). При этом происходит вытеснение и обесценивание валюты второй страны, падение уровня жизни ее населения (рис. 14 и 15, по оси абсцисс приведено время в относительных единицах).

Данный процесс может быть замедлен, если развивающаяся страна введет заниженный курс своей валюты, позволяющий достичь ей конкурентного преимущества (рис. 16 в сравнении с рис. 14, по оси абсцисс приведено время в относительных единицах), однако это лишь несколько отсрочит ее деиндустриализацию и попадание в «сырьевую ловушку».

Формально эта ситуация демонстрирует эффекты убывающей отдачи, возникающие в результате торгового взаимодействия развивающейся и развитой страны. Однако есть возможность добиться возрастающей отдачи, если развивающаяся страна будет развивать свою обрабатывающую промышленность, увеличивая долю ВВП, идущую на инвестиции, направляемые на промышленное развитие (см. рис. 17 в сравнении с рис. 14, по оси абсцисс приведено время в относительных единицах).

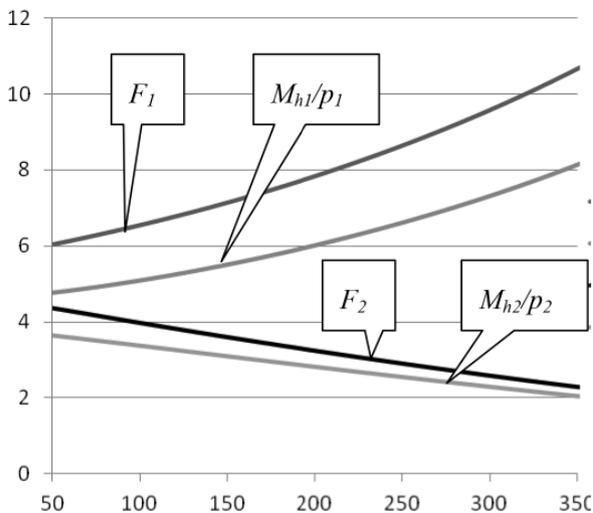


Рис. 14. Влияние торгового взаимодействия на динамику выпуска промышленной продукции в развитой и развивающейся стране (соответственно,  $F_1$  и  $F_2$ , отн. ед.), а также на уровень жизни населения этих стран (соответственно,  $M_{h1}/p_1$  и  $M_{h2}/p_2$ , отн. ед.)

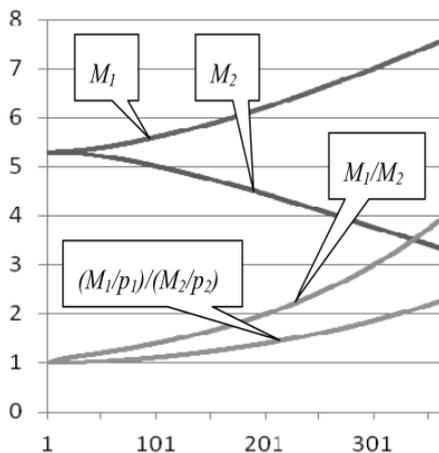


Рис. 15. Вытеснение валюты развивающейся страны ( $M_2$ ) валютой развитой страны ( $M_1$ ) в результате их торгового взаимодействия

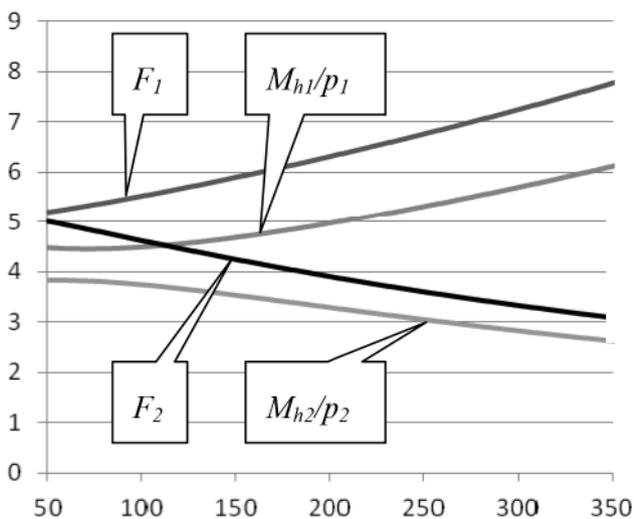


Рис. 16. Влияние занижения валютного курса развивающейся страной (в 0,8 раз по отношению к условиям рис. 14) на динамику выпуска промышленной продукции ( $F_1$  и  $F_2$ , отн. ед.) и на уровень жизни населения ( $M_{h1}/p_1$  и  $M_{h2}/p_2$ , отн. ед.) в обеих странах

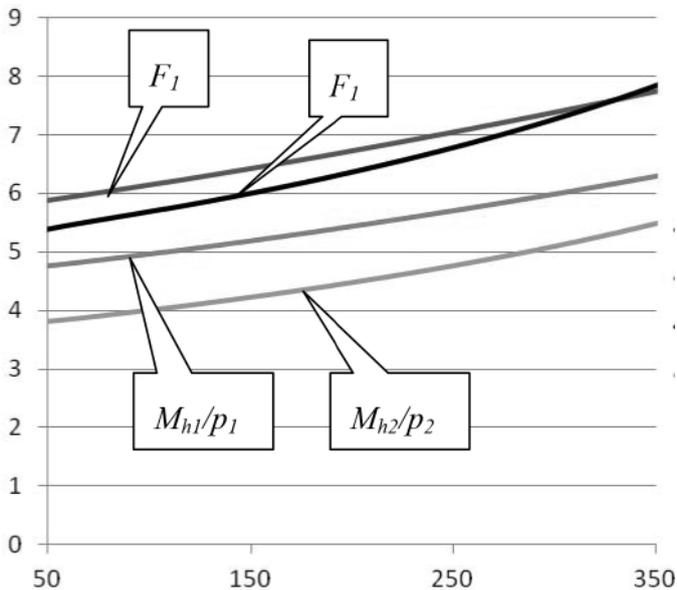


Рис. 17. Влияние повышенного инвестирования обрабатывающей промышленности развивающейся страной (в 0,8 раз по отношению к условиям рис. 14) на динамику выпуска промышленной продукции ( $F_1$  и  $F_2$ , отн. ед.) и на уровень жизни населения ( $M_{h1}/p_1$  и  $M_{h2}/p_2$ , отн. ед.) в обеих странах.

Моделирование показывает, что необходимым условием непопадания развивающейся страны в «сырьевую ловушку» (или выхода из этой ловушки) является *активная промышленная политика* ускоренной индустриализации и модернизации (на это сейчас нацелены усилия российского правительства).

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, даже весьма простые модели, которые приведены в данной статье, демонстрируют значительные возможности количественного описания нестационарных неравновесных макроэкономических процессов и межстрановых взаимодействий. Важным выводом является то, что в условиях открытой экономики международное торговое взаимодействие может приводить к эффектам как убывающей, так и возрастающей отдачи.

Следствием убывающей отдачи может стать попадание страны в «ловушку бедных стран» (Райнерт, 2011), следствием возрастающей отдачи — ее переход в разряд развитых стран, получающих значительную выгоду от международной торговли.

### ЛИТЕРАТУРА

*Кирдина С. Г., Малков С. Ю.* 2008. Моделирование самоорганизации экономики отраслей с повышающимися и понижающимися предельными издержками // Эволюционная теория, теория самовоспроизводства и экономическое развитие. — М.: Институт экономики РАН, с. 155–176.

*Кирдина С. Г., Малков С. Ю.* 2010. Два механизма самоорганизации экономики: модельная и эмпирическая верификация. М.: Институт экономики РАН.

*Маевский В. И., Малков С. Ю.* 2011 а. Переход от простого воспроизводства к экономическому росту // Успехи физических наук, том 181, № 7, с. 1–5.

*Маевский В. И., Малков С. Ю.* 2011 б. Переключающийся режим воспроизводства. М.: Институт экономики РАН.

*Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сулакшин С. С.* 2007. Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт.

*Райнерт Э. С.* 2011. Как богатые страны стали богатыми и почему бедные страны остаются бедными. М.: Изд. дом Гос. университета — Высшей школы экономики.

*Румянцева С. Ю.* 2003. Длинные волны в экономике: многофакторный анализ. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та.

*Чернавский Д. С.* 2004. Синергетика и информация (динамическая теория информации). М.: УРСС.

*Krugman P.* 1979. Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade // Journal of International Economics. № 9.

*Krugman P.* 1991. Increasing Returns and Economic Geography // Journal of Political Economy, vol. 99, № 3.

*Romer P.* 1986. Increasing returns and long run growth, Journal of Political Economy, Vol 94, № 5.

*Solow R.* 1956. Contribution to the Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics, № 70, p. 65–94.