

---

---

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

---

---

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОССИЙСКОЙ  
ЭКОНОМИКИ

© 2016 г. Д.В. Скрыпник\*

(Москва)

Построена макроэконометрическая модель российской экономики, ориентированная на кратко/среднесрочную динамику. Модель включает описание механизма бюджетного правила. Находит отражение процесс накопления ЗВР, учитывается стерилизационный эффект формирования государственных фондов. Моделируются два правила монетарной политики: управление внутренним кредитом и управление курсом. Учитываются эффект Балассы–Самуэльсона и эффект улучшения условий торговли. Построенная модель обладает высокой прогнозной силой: качество прогнозов модели превосходит качество прогнозов МЭР РФ по большей группе показателей.

**Ключевые слова:** макроэкономическое моделирование, модель коррекции остатками, бюджетное правило, трансмиссионный механизм монетарной политики.

**Классификация JEL:** E170, C530, C510.

1. ВВЕДЕНИЕ

Методологию прикладного макроэкономического моделирования принято разделять на структурный и неструктурный (эконометрический) подходы<sup>1</sup>. В первом случае основу моделирования составляют теоретические представления об экономической системе, как правило, микроэкономические, во втором – внимание концентрируется на анализе реальных данных и решении проблемы идентификации параметров. В академическом сообществе широко распространена точка зрения, согласно которой параметры, не являющиеся теоретически (микроэкономически) обоснованными, улавливают лишь некоторый специальный режим, в котором оказалась экономическая система под действием мер политики или внешних шоков. Эконометрические модели, таким образом, не позволяют обнаружить действующие в системе экономические механизмы. Вместе с тем, как показывают наблюдения, параметры микроэкономически обоснованных моделей нередко оказываются менее устойчивыми, в том числе и при смене политики, по сравнению с параметрами эконометрических моделей. Структурные модели обладают относительно низким прогнозным качеством. При этом структурное моделирование требует дополнительных предположений, справедливость которых требует отдельной проверки, в особенности в отношении стран с формирующейся рыночной структурой.

Целью настоящей работы является построение макроэкономической модели российской экономики, ориентированной на кратко- и среднесрочное прогнозирование и сценарный анализ последствий структурных шоков и изменения режимов политики.

Задаче моделирования российской экономики посвящено немало работ. Одной из интересных эконометрических моделей российской экономики является модель, описанная в недавней работе (Benedictow, Fjærtøft, Løfsnæs, 2010) (далее BFL-модель) и используемая в качестве

\* Автор выражает благодарность Д.М. Куликову, внесшему большой вклад в создание модели, выполнив значительную часть расчетов и принимая участие в обсуждении результатов. Автор признателен Р.С. Гринбергу и А.Я. Рубинштейну за поддержку в процессе подготовки работы, а также М.Ю. Головинну за ценные замечания, а также друзьям и коллегам за помощь и комментарии. Многие построения модели обязаны своим появлением плодотворным обсуждениям работы с В.М. Полтеровичем, за что автор ему безгранично благодарен. Работа никогда не была бы закончена без его участия и поддержки. Ответственность за возможные ошибки и неточности полностью лежит на авторе.

<sup>1</sup> Подробный обзор развития макроэкономического моделирования см. в (Diebold, 1997).

отправного пункта настоящей работы. Подход, лежащий в основе BFL-модели, является гибким и конструктивным, что позволяет дорабатывать модель и настраивать ее под описываемую систему и цели моделирования. Попытки воссоздать BFL-модель на более широком интервале, однако, не привели к удовлетворительным результатам, поскольку модель не учитывает ряда особенностей российской экономики.

Реализованная в настоящей работе модель, в отличие от BFL-модели, включает описание механизма бюджетного правила. Моделируются два монетарных правила – для управления ЗВР и каналом банковского кредитования<sup>2</sup>. Описывается взаимодействие ЦБ с бюджетной системой в контексте процессов накопления ЗВР и бюджетных фондов. При описании динамики валютного курса учитываются эффект Балассы–Самуэльсона и эффект благосостояния. Нашла отражение тенденция увеличения издержек нефтедобычи. Кроме того, отказ от предположения о существовании долгосрочной связи между потреблением и доходом и введение в уравнение варьируемого поведенческого параметра “склонность к потреблению” выявили чрезмерную ограниченность предположения в отношении российской экономики. Явно выписанная оптимизационная задача производителя позволила корректно описать спрос на труд.

Включение в модель основных поведенческих механизмов и механизмов политики, формирующих кратко/среднесрочную динамику, а также отражение важнейших структурных особенностей российской экономики позволяет проводить сценарный анализ последствий изменения режимов политики и конструировать прогнозы высокого качества. Сопоставление прогнозов модели с официальными прогнозами МЭР РФ оказывается в пользу модели.

## 2. МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

В последние годы предпринят ряд успешных попыток построить агрегированные динамические модели общего экономического равновесия для российской экономики (например, (Полбин, 2013)). В большинстве случаев модели представляют собой калибровку схем моделирования, примененных для описания экономических систем развитых стран. Модели содержат описание экономических механизмов, однако их форма и лежащие в основе предположения требуют обсуждения и проверки. Известно, что в отличие от развитых стран, где шоки имеют преимущественно временный характер и приводят к флуктуациям системы вокруг тренда, в развивающихся экономиках преобладают структурные шоки – шоки роста – влияющие на сам тренд (Aguilar, Gopinath, 2007). Исследование с применением схемы DSGE-моделирования было предпринято в работе (Шульгин, 2015), где автор приходит к выводу, что введение в модель двух правил, а не одного, точнее описывает реальные данные. В работе (Иващенко, 2013) вводится расширенное описание банковской системы и моделируется эндогенный дефолт, что до некоторой степени опровергает развернувшуюся после кризиса 2008 г. критику DSGE-моделирования за принципиальную неспособность подхода не только предсказывать кризисы, подобные кризису 2008 г., но и объяснять их.

Ряд важных результатов получен научной школой, созданной академиком РАН В.Л. Макаровым<sup>3</sup>. Построена дезагрегированная вычислимая модель общего экономического равновесия RUSEC, вычислимая модель с нейронными сетями и др. (Макаров и др., 2013; Макаров, 1999). Модели позволяют оценивать последствия мер экономической политики, конструировать режимы государственного управления. Вычислимые модели общего экономического равновесия реализованы также в ЦЭФИР (Алексеев и др., 2006) и применялись для анализа интеграционных процессов, в которых участвовала Россия (вступление в ВТО, интеграция в рамках ЕЭС), а также для анализа последствий налоговых реформ, изменений тарифов. Большинство моделей этого типа основываются на предположении об абсолютной гибкости цен и не включают механизмов подстройки к равновесию, являясь, таким образом, статичными<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Когда модель была построена и работа готовилась к публикации, нам встретила статья (Шульгин, 2015), где автором используется близкая идея использования двух правил монетарной политики. Существенным отличием настоящей работы является использование монетаристского подхода (анализа) при описании монетарной трансмиссии.

<sup>3</sup> Разработанные CGE-модели используются в работе Центра ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН.

<sup>4</sup> Считается, что прогнозная сила CGE-моделей невысока. Впрочем, и работы, исследующие прогнозную силу CGE-моделей, практически отсутствуют. Одна из немногих – работа (Kehoe, 2005).

Одной из первых эконометрических моделей российской экономики является работа (Basdevant, 2000). В модели используется производственная функция Кобба–Дугласа без технологического прогресса, параметры которой калибруются в соответствии со структурой доходов в ВВП, а кроме того, фильтруются алгоритмом Калмана для корректировки плохого качества данных по капиталу. Построенная модель позволяет сделать важное наблюдение – автор приходит к выводу, что фискальная консолидация в докризисный период (до 1998 г.) не была оптимальным вариантом политики. Вместо этого бюджетную политику следовало ориентировать на поддержку структурных преобразований на стороне предложения. Как показал наш анализ, рассмотрение более широкого класса функций с постоянной эластичностью замещения не подтверждает форму Кобба–Дугласа для производственной функции в российской экономике.

В (Макаров и др., 2001) разработана эконометрическая модель экономики России, состоящая из шести уравнений и предназначенная для построения краткосрочных макроэкономических прогнозов и сценарных расчетов. Акценты в модели сделаны на исследовании зависимости экономической динамики от мировых цен на нефть, от графика выплат по внешнему долгу и от размеров государственных социальных расходов. Модель представлена в виде системы одновременных уравнений и идентифицирована на квартальных данных. Для вывода уравнений модели были использованы графические (анализ парных корреляционных полей, “биplotов”) и статистические (проверка гипотез о линейности искомых зависимостей, преобразования Бокса–Кокса) процедуры. Выбор предопределенных переменных для каждой эндогенной переменной осуществлялся на основе теста причинно-следственной связи Грэнжера в сочетании с анализом значений коэффициентов детерминации и значений  $t$ -статистик в соответствующих уравнениях регрессии. С момента создания модели на первый план вышла проблема нейтрализации внешних шоков, что изменило ключевые механизмы монетарной и бюджетной политики, создало дополнительные ограничения для их работы. Изменился также режим загрузки мощностей, усилилась нефтегазовая ориентация экономики и зависимость ее от цен на нефть. Изменения должны быть учтены при моделировании современных реалий.

В статье, посвященной методологии макроэкономического моделирования российской экономики (Айвазян, Бродский 2006), авторы апробируют предложенную ими методологию построения эконометрической модели российской экономики. Работу можно отнести к моделям гибридного типа, однако в тексте указания на это отсутствуют. Особенностью методологии является двухэтапная процедура построения эконометрических зависимостей, в соответствии с которой на первом этапе строится теоретическая модель, описывающая основные секторы российской экономики, а на втором – эконометрическая модель, содержащая коинтеграционные зависимости и балансовые условия. В настоящее время предложенный подход является основой макроэкономических прогнозов, публикуемых Центром ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН<sup>5</sup>. Подход авторов представляет большой интерес, однако процедура перехода от теоретической модели к оцениваемым уравнениям описывается недостаточно подробно<sup>6</sup>, что затрудняет использование методологии другими исследователями.

В 2009 г. коллектив авторов (Merlevede, Schoors, Aarle, 2009) создал компактную макроэкономическую модель российской экономики, состоявшую из 14 уравнений. Логика модели близка работе (Basdevant, 2000) и представлена пятью блоками (IS, LM, рынок труда, фискальный блок и монетарное правило)<sup>7</sup>. Целью работы было изучение влияния нефтяных цен, валютного курса и фискальной политики на российскую экономику. Авторы отмечают наличие структурного сдвига в функции потребления и объясняют его изменением степени доверия к правительству, связывая это с приходом к власти Владимира Путина. Симуляция модели подтверждает критическую зависимость российской экономики от цены нефти. Авторы обнаруживают, что фискальная политика, проводимая правительством, положительно влияет на экономику и снижает ее подверженность шокам нефтяных цен.

<sup>5</sup> См. материалы сайта <http://data.cemi.rssi.ru/GRAF/center/forecasts.htm>.

<sup>6</sup> Неясно, проводилась ли линеаризация уравнений, полученных из условий оптимизации, либо оцениваемые уравнения представляют собой линейную комбинацию переменных, входящих в соответствующее теоретическое уравнение.

<sup>7</sup> Отсутствует производственная функция.

Подход, примененный в (Merlevede, Schoors, Aarle, 2009), получил развитие в работе (Benedictow, Fjærtøft, Løfsnæs, 2010), где для исследования российской экономики группа норвежских экономистов построила компактную макроэконометрическую модель. Модель написана в логике IS–LM-подхода и состоит из 13 уравнений, имеющих форму коррекции остатками, полученными на основе коинтеграционного анализа. Помимо компонент ВВП авторы описывают рынок труда на основе системы уравнений типа “заработная плата – безработица”, а также моделируют реакцию монетарной политики в виде правила Тейлора. Фискальный блок представлен уравнением доходов и уравнением расходов консолидированного бюджета. Описывается динамика цен и динамика дефлятора ВВП. Отдельно моделируется динамика нефтегазового экспорта. На основе контрфактических симуляций модели авторы показали критическую зависимость российской экономики от цен на нефть и ее чувствительность к их падению. В этой же работе обнаружено, что значительная доля реального экономического роста не объясняется лишь бумом нефтяных цен. Наблюдение указывает на существовании иных источников роста российской экономики.

Среди указанных моделей нам не встречались работы, где приводились бы результаты анализа вневыборочного прогноза, что не позволяет сделать вывод о прогнозном качестве модели и возможности их прикладного использования. Кроме того, в моделях не учитываются особенности взаимодействия монетарной и бюджетной политики в российской экономике, механизм бюджетного правила. Нередко встречаются попытки идентификации монетарного правила в терминах ставки процента, что в условиях проводимой в России экономической политики имеет мало шансов на успех, поскольку поведение ЦБ радикально отличалось от поведения большинства ЦБ в мире.

### 3. МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В случае совершенной ценовой гибкости выполнение условий оптимальности наряду с условиями баланса задает равновесную динамику экономической системы. Когда же цены не являются гибкими, спрос может превышать предложение, и наоборот, а динамика быть неравновесной. В этом случае модели общего равновесия требуют описания механизма подстройки цен и системы к равновесию. Экономическая наука на сегодняшний день не пришла к единому мнению о форме механизма подстройки. Еще более сложным представляется моделирование ценовых механизмов в конкретных экономических системах, где идентификация подобных механизмов требует специального исследования. Особых усилий идентификация требует в условиях развивающихся и трансформирующихся стран, состояние экономики которых находится далеко не только от своего стационарного состояния, но и от равновесия. Утверждение касается не только механизмов ценовой подстройки. Например, в условиях совершенного предвидения, полной рациональности экономических агентов и преобладания частной собственности решения в области сбережений представляют собой межвременное перераспределение потребления, а существующая технология обеспечивает трансформацию сбережений в будущее потребление. При отказе от одного или нескольких предположений модель требует введения ряда дополнительных предположений и новых объектов. Каждый новый элемент модели, в свою очередь, требует введения дополнительных предположений. Относительная простота эконометрических макромоделей позволяет использовать их в качестве основы для встраивания тех механизмов, понимание и описание которых важно для цели построения модели, оставляя при этом вспомогательные и неизвестные механизмы за рамками рассмотрения. В нашем случае целью построения модели является кратко/среднесрочное прогнозирование и кратко/среднесрочный сценарный анализ последствий изменения экономической политики, в том числе и режимов политики. Модель, таким образом, должна содержать описание релевантных поведенческих механизмов, позволяющих отследить эти изменения, идентифицируя соответствующие структурные (неизменные) параметры. Нерелевантные целям моделирования механизмы описываются эконометрически. К основным релевантным механизмам относятся механизмы бюджетного правила, взаимодействия бюджетной и монетарной политики, рынка труда и

формирования потребительского спроса<sup>8</sup>. Именно с указанными экономическими механизмами связаны основные сложности при попытке воссоздания BFL-модели.

Так, в BFL-модели предполагается, что потребление связано с доходом, единичной эластичностью в долгосрочном периоде. Это означает, что потребители ориентируются на свой перманентный доход. На наш взгляд, предположение о существовании единственного параметра, задающего поведенческий механизм потребителя, является чрезмерно ограничительным в условиях транзитной экономики с формирующейся рыночной системой. Отказ от этого предположения и введение в уравнение варьируемого поведенческого параметра «склонность к потреблению» позволило обнаружить, что параметр является систематически пересматриваемой агентами величиной, которая зависит от ряда факторов. При этом стабильная связь образуется лишь между потреблением и капиталным доходом, в то время как заработная плата расходуется на текущее потребление. Стабилизация ожиданий и возможность планирования возникает лишь у агентов, извлекающих капиталный доход.

Явно выписанная в нашем исследовании оптимизационная задача производителя позволила описать спрос на труд и верно специфицировать уравнение для безработицы. Эконометрическое описание краткосрочных и долгосрочных факторов предложения труда делает возможным идентификацию параметров, отвечающих за кратко/среднесрочную динамику – параметров спроса на труд. Отметим, что при моделировании спроса на труд нами использовался широкий класс CES-функций. Оценка параметров показала, что производственная функция в российской экономике не принадлежит подклассу функций Кобба–Дугласа. Часть параметров условия оптимальности предопределена самим условием оптимальности, часть – оценивается на реальных данных и представляет собой коэффициенты коинтегрирующей комбинации.

Со стороны политики отличием настоящей работы от BFL-модели, где расходы бюджетной системы описываются эконометрически, стало явное моделирование механизма бюджетного правила. Следует подчеркнуть, что моделируются именно действия правительства (Министерства финансов) при выборе предельного уровня государственных расходов. Так, на каждом временном такте один проход модели осуществляет расчет макропоказателей, доходов и, соответственно, расходов бюджета при базовой цене на нефть, в то время как второй проход модели, используя результаты вычислений первого, пересчитывает макропоказатели уже при сценарном значении цены на нефть и экзогенных переменных. В отличие от BFL-модели нам не удалось получить единственного уравнения удовлетворительного качества для доходов бюджета. Дело в том, что совокупные доходы содержат компоненты, различающиеся характером динамики, в частности нефтегазовые и ненефтегазовые доходы бюджета. Фискальный блок поэтому представлен в дезагрегированном виде – специальное уравнение для каждого типа доходов бюджета<sup>9</sup>, что существенно повышает точность всей модели в целом.

Отличие модели состоит в описании взаимодействия ЦБ с бюджетной системой в контексте действующего бюджетного правила. Влияние политики по накоплению бюджетных фондов на денежное предложение, а также эффект от вложений в иностранные активы (ЗВР) учитывается при моделировании денежной политики. При моделировании динамики ЗВР также учитывается цель валютного курса.

Одна из основных причин неудачи воспроизведения BFL-модели, на наш взгляд, связана с попытками идентифицировать монетарное правило Тейлора в терминах ставки процента. В нашем анализе влияние процентной ставки на реальный сектор, а также зависимость ставки от состояния макроэкономики (управление ЦБ) обнаружено не было. Традиционные для развитых стран каналы монетарной трансмиссии, таким образом, в условиях российской экономики не работали и не были всерьез задействованы Банком России. Долгое время ЦБ использовал в качестве основных каналов монетарной трансмиссии канал валютного курса и канал банковского кредитования. Именно в терминах использования этих каналов монетарной трансмиссии нами была обнаружена регулярность – правило (управление) ЦБ – а также влияние каналов на реальный сектор.

<sup>8</sup> Отметим, что необходимость понимания этих механизмов возникает уже на этапе верификации модели.

<sup>9</sup> Всего – 17 уравнений.

Наконец, в отличие от BFL-модели настоящая модель отражает ряд структурных особенностей системы. Так, модель валютного курса учитывает эффект Балассы–Самуэльсона и эффект благосостояния (условий торговли)<sup>10</sup>. В условиях экзогенного для российской экономики внешнего спроса равновесный уровень добычи и экспорта углеводородов определяется стороной предложения – располагаемыми добывающими и перерабатывающими мощностями, объем которых зависит от инвестиций в нефтегазовую отрасль и издержек добычи. Включение этих двух показателей в уравнение и их взаимное влияние позволяет объяснить наблюдаемую динамику нефтегазового экспорта, а именно – стагнацию объемов экспорта, начиная с 2004 г., на фоне бурного роста цен на нефть.

#### 4. ДАННЫЕ И МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНИВАНИЯ

Представленная в работе модель оценена на квартальных данных 2000–2011 гг. Некоторые уравнения модели, как правило, вспомогательные, оцениваются на более коротких интервалах, что связано с отсутствием официальной статистики для более ранних периодов либо же с существенным изменением правил статистического учета. При оценивании мы исходили из того что после кризиса 2008 г. модель роста российской экономики существенно не изменилась. Остались прежними ориентиры экономической политики. Там, где это удавалось, реакции экономики на кризис 2008 г. было дано объяснение (путем расширения набора объясняющих переменных). В остальных случаях кризисные точки удалялись из уравнения с помощью дамми-переменных. Для контроля возможного изменения характера динамики в соответствующие уравнения добавлялись ступенчатые переменные структурных сдвигов.

Выбор квартала в качестве временного такта модели обусловлен стремлением получить состоятельные оценки параметров уравнений. Месячные данные, к сожалению, не доступны для важных переменных модели, например для ВВП. Переход же от квартальных данных к месячным связан с существенной погрешностью.

Информационной базой модели являются данные официальной статистики. Источником данных для компонент ВВП, заработной платы, занятости, дефлятора ВВП и ИПЦ является Служба государственной статистики России. Источником данных для бюджетного сектора служит Федеральное казначейство и Министерство финансов Российской Федерации. Для денежных агрегатов, а также валютных курсов используются данные Центрального банка России. Если данные представлены на конец периода, то для моделирования бралась хронологическая средняя. По большинству экзогенных переменных модели источником данных служит база данных ОЭСР. Модель достаточно жестко привязана к макроэкономической статистике по российской экономике, и спецификация многих уравнений обусловлена наличием данных.

Основные связи модели устанавливаются в разрезе реальных переменных, что требует сопоставимости переменных. Сопоставимость достигается приведением номинальных показателей в цены базового 2005 г. С этой целью в модель вводится набор дефляторов, чья динамика описывается эндогенно.

Большинство рядов данных подверглись логарифмированию, что позволило до определенной степени снять проблему гетероскедстичности. При использовании квартальных данных исследователь сталкивается с серьезной проблемой – проблемой сезонности. Существуют два основных рецепта: первый – устранение сезонности различными методами, второй – моделирование. Поскольку в нашем случае важен не только годовой, но и квартальный прогноз, сезонность моделируется, как правило, путем включения дамми-переменных.

Наконец, все переменные модели были протестированы на стационарность. Как и следовало ожидать при работе с макроэкономической статистикой, большинство переменных оказываются нестационарными с порядком интеграции не превышающим 1. В качестве тестов использовались расширенный тест Дики–Фулера (ADF) и тест Квятковского–Филиппса–Шмита–Шина (KPSS).

Основой оценивания уравнений модели является аппарат коинтеграционного анализа и модели коррекции остатками. В большинстве случаев удавалось применить двухшаговую процедуру

<sup>10</sup> Модель валютного курса учитывает также влияние со стороны бюджетной политики.

ру Энгла–Гренджера, суть которой состоит в идентификации на первом шаге коинтегрирующей комбинации, обеспечивающей стационарность входящих в нее переменных, и разложении объясняемой переменной на долгосрочные и краткосрочные изменения на втором шаге.

Основная трудность идентификации параметров систем уравнений связана с проблемой одновременности. Так, секвенциальное оценивание уравнений модели обычным методом наименьших квадратов может приводить к смещенным и несостоятельным оценкам параметров. Преимущество же методологии коинтеграционного анализа состоит в том, что уравнения модели, записанные в форме коррекции остатками, структурируют систему в соответствии с рекурсивной схемой, которая, как известно, может быть оценена по отдельности. В тех же случаях, когда одновременности избежать не удавалось, применялся преимущественно обобщенный метод моментов, где в качестве инструментов использовались лаговые значения. Оценки параметров в соответствии с ОММ, однако, как правило, слабо отличались от оценок, полученных обычным методом МНК, что, вероятно, обусловлено суперсостоятельностью параметров коинтегрирующей комбинации.

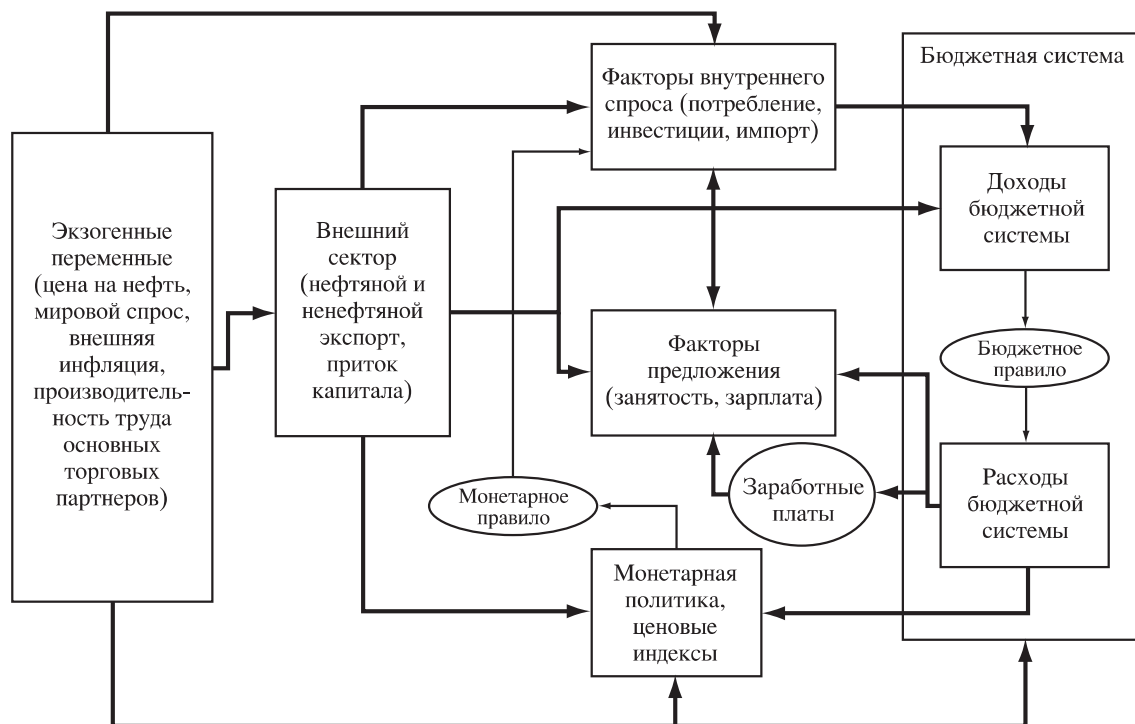
Обычно на интервале оценивания модели формируются тренды, которые в той или иной мере улавливаются уравнениями модели (как правило, очень хорошо). Экстраполяция этих трендов за пределы рассматриваемого периода зачастую дает малореалистичные прогнозы. Так, для российской экономики период бурного роста 2000-х сменился периодом стабильного роста 2010-х годов на фоне по-прежнему высоких цен на нефть. При верификации модели и выборе окончательной спецификации уравнений основным критерием являлись осмысленность прогнозов и их непротиворечивость экономической логике.

## 5. ОБЩАЯ СХЕМА МОДЕЛИ И ПРОГНОЗНОЕ КАЧЕСТВО

Реализованная модель представляет собой совокупность уравнений, подробное описание которых содержится в разд. 6. Ядром модели является поведенческий механизм совокупного потребителя, решения которого в каждый момент времени в отношении распределения дохода между потреблением и сбережением определяются склонностью к потреблению – переменной величиной, зависящей от фундаментальных факторов и проводимой политики. Производственный план, обеспечивающий реализацию выбранных потребителем решений, неявным образом описывается уравнением накопления основного капитала. Формирование производственного плана происходит также в зависимости от внешнего спроса – совокупного экспорта. В зависимости от выбранного производственного плана выбирается спрос на труд со стороны производственного сектора, технология которого описывается CES-функцией. Ценовые механизмы моделируются эконометрически и включают переменные, отражающие дисбалансы на соответствующих рынках. Большинство уравнений модели выписываются в динамической форме, связывающей прирост объясняемой переменной с приростом переменных модели, а кроме того, с отклонением от долгосрочных уровней, задаваемых коинтеграционным соотношением. Общая схема модели представлена на рисунке.

К числу экзогенных переменных модели относятся дефляторы ВВП США и Евросоюза (ключевых стран), цена нефти, показатели внешнеторгового оборота стран–торговых партнеров России. На каждом шаге прогноза текущие и предыдущие значения экзогенных переменных, а также предыдущие значения эндогенных переменных, подаются на вход модели. На первом шаге прогноза в качестве предыдущих значений используются реальные экономические данные. Решение модели осуществляется численными методами (Гаусса–Зейделя, Бройдена).

Ниже приводится оценка прогнозного качества модели. Для этого проводится сравнение точности прогноза модели с точностью официального прогноза МЭР РФ. Использование прогнозов МЭР РФ обусловлено хорошей доступностью истории прогнозов. Обычно при оценивании качества прогноза модель оценивается на обучающем интервале, затем строится прогноз на оставшуюся часть интервала (или на один шаг вперед) и подсчитывается ошибка прогноза в зависимости от ряда данных и целей анализа среднеквадратическая, средняя, средняя абсолютная и т.д. В нашем случае, однако, период оценивания уравнений короткий. При этом на него приходится значительное число изменений, связанных со статистическим учетом и законодательством,



Общая схема модели

Таблица 1. Сопоставление прогнозов МЭР РФ и модели на 2012 г., %

| Показатель                                             | Ошибка прогноза<br>МЭР РФ | Ошибка прогноза<br>модели |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Номинальный ВВП                                        | 3,21                      | 1,58                      |
| Дефлятор ВВП                                           | -0,55                     | 0                         |
| ИПЦ                                                    | -1,69                     | 0,56                      |
| Экспорт                                                | 5,41                      | 4,22                      |
| Импорт                                                 | 10,07                     | 3,81                      |
| Уровень безработицы                                    | 0,378                     | 0,379                     |
| Номинальная заработная плата                           | 1,30                      | 1,39                      |
| Курс доллара, руб.                                     | 6,15                      | 1,53                      |
| Индекс реального эффективного<br>обменного курса рубля | 0,951                     | 0,922                     |
| Потребление                                            |                           | 4,66                      |
| Инвестиции                                             | 1,56                      | 2,00                      |
| Государственные расходы                                |                           | 3,27                      |

а также серьезные структурные сдвиги. Обучение модели на еще более коротком интервале требует частого изменения спецификации многих уравнений. Кроме того, множество второстепенных уравнений оценивается на разных, и нередко коротких, интервалах. Сравнение качества прогнозов, таким образом, проводится для 2012 и 2013 г. (табл. 1, 2)<sup>11</sup>. Для 2013 г. (табл. 2) ввиду экономии места сравнение проводится лишь для ВВП и дефлятора.

<sup>11</sup> Низкая точность прогноза МЭР РФ номинального ВВП компенсируется соответствующей неточностью прогноза дефлятора таким образом, что точность прогноза реального ВВП оказывалась на очень высоком уровне. При этом, несмотря на то что ошибка прогноза нашей модели по дефлятору ВВП составляет 0% (точное попадание), а ошибка прогноза номинального ВВП гораздо ближе к фактическому значению, прогноз реального ВВП оказывается менее точным по сравнению с прогнозом МЭР РФ.

**Таблица 2.** Сопоставление прогнозов МЭР РФ и модели на 2013 г., %

| Показатель      | Ошибка прогноза МЭР РФ | Ошибка прогноза модели |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| Номинальный ВВП | –3,52                  | 0,36                   |
| Реальный ВВП    | 2,37                   | 0,79                   |
| Дефлятор        | –2,97                  | 1,21                   |

Напомним, что модель оценивалась на интервале с первого квартала 2000 г. по четвертый квартал 2011 г. Прогноз, подготовленный на основе модели, учитывает информацию до четвертого квартала 2011 г. включительно. Ближайшая дата прогноза МЭР РФ на 2012 г. – начало первого квартала 2012 г. Прогноз МЭР РФ, таким образом, основан на более широком информационном множестве по сравнению с прогнозом модели. Подчеркнем, что прогноз на 2013 г. также основан на информации, доступной до четвертого квартала 2011 г. Сопоставляемый прогноз МЭР РФ на 2013 г. выпущен в первом квартале 2013 г. и основан, таким образом, на существенно большем информационном множестве, чем даже в случае прогноза МЭР РФ на 2012 г.

Как известно, официальная статистика подвергается регулярному пересмотру, причем как текущая, так и прошлая. При вычислении ошибки прогнозов, таким образом, в качестве актуальных данных берутся данные, доступные в начале 2014 г., поскольку именно эта версия данных использовалась при оценивании настоящей модели<sup>12</sup>.

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что модель дает лучший прогноз для таких показателей, как номинальный ВВП, дефлятор ВВП, ИПЦ, экспорт и импорт. Точность прогнозов модели и МЭР РФ для показателя безработицы сопоставимы (точность прогноза МЭР РФ немногим выше). Точность модельного прогноза по заработной плате ниже прогноза МЭР РФ, однако они все же сопоставимы. Существенно точнее оказался модельный прогноз номинального курса доллара и реального эффективного курса рубля. Однако МЭР РФ точнее прогнозирует инвестиции.

Предлагаемый подход, таким образом, оказывается эффективным при описании кратко- и среднесрочной динамик. Моделирование ключевых поведенческих механизмов и механизмов политики на его основе позволяет реализовать модель, обладающую высоким прогнозным качеством и позволяющую предсказывать и анализировать кратко- и среднесрочные<sup>13</sup> последствия воздействий со стороны политики, а также последствия внешних шоков.

Важным преимуществом модели является ее адаптивность. Результат нашего подхода позволяет без труда перенастраивать отдельные блоки модели – включать или выключать режим бюджетного правила, режим инфляционного таргетирования и т.д.

## 6. СПЕЦИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ

В данном разделе приводится подробное описание модели и обсуждается выбор спецификации уравнений<sup>14</sup>.

**6.1. Внутренний спрос. Потребление.** К факторам внутреннего спроса условно относится агрегированное потребление и совокупные инвестиции в основной капитал. Как отмечалось ранее, предположение о существовании двух параметров, краткосрочной и долгосрочной эластичностей потребления по доходу, определяющих поведение потребителя, мы склонны рассматривать как чрезмерно ограничительное в условиях формирующейся рыночной системы. В настоящей работе допускается вариация параметра склонности к потреблению. Расширение класса функций потребления позволяет идентифицировать специфические черты такой системы, как российская экономика, остающимися незаметными в рамках прежнего подхода.

<sup>12</sup> База данных доступна при запросе.

<sup>13</sup> Обычно под среднесрочным интервалом понимается интервал длиной 3–5 лет. В настоящей работе, поскольку модель является квартальной, под краткосрочным интервалом понимается интервал менее одного года, под кратко- и среднесрочным интервалами – от 1 года (включительно) до 5 лет.

<sup>14</sup> Результаты оценивания уравнений см. [https://drive.google.com/folderview?id=OB-vtp\\_YiI5fYtmNSc3dtbGZnV1k&usp=sharing](https://drive.google.com/folderview?id=OB-vtp_YiI5fYtmNSc3dtbGZnV1k&usp=sharing).

В каждом отдельном периоде  $t$  потребление связано с доходом соотношением

$$c_t^r = y_t^r - b_t^r, \quad (1)$$

где  $c_t^r$  – потребление,  $y_t^r$  – доход,  $b_t^r$  – сбережения. Перепишем уравнение (1) в виде

$$c_t^r = a_t y_t^r, \quad (2)$$

где  $a_t = 1 - b_t^r/y_t^r$  – поведенческий параметр агрегированного потребителя. Полагая, что параметр не является постоянным, представим его функцией  $a_t = f(x, c_{t-1}^r, y_{t-1}^r, \dots)$  от фундаментальных факторов, факторов экономической политики и соответствующих этим факторам структурных параметров. Логарифмируя и переходя к разностям, получим

$$\Delta \log(c_t^r) = \Delta \log(a_t) + \Delta \log(y_t^r). \quad (3)$$

Перепишем второе слагаемое в виде  $y_t = w_t e_t + (y_t - w_t e_t)$ , имеем  $\Delta \log(y_t^r) = \Delta \log(y_t^r - w_t^r e_t) + \Delta \log(1 + w_t^r/(y_t^r - w_t^r e_t))$ , где  $w_t$  – номинальная заработная плата в экономике,  $e_t$  – число занятых в экономике. Второе слагаемое удобно представить в виде ряда Тейлора, пренебрегая членами выше третьего порядка. В результате идентифицируется следующее уравнение для потребления<sup>15</sup>:

$$\begin{aligned} \Delta \log\left(\frac{c_t}{p_t^c}\right) = & 0,3363 \Delta \log\left(\frac{y_t}{p_t^c} - \frac{w_t}{p_t^c} e_t\right) + 0,3363 \Delta \left[ \left( \frac{w_t}{p_t^c} e_{t-1} \right) / \left( \frac{y_t}{p_t^c} - \frac{w_t}{p_t^c} e_t \right) - \right. \\ & \left. - 0,5 \left( \frac{w_t}{p_t^c} e_{t-1} / \left( \frac{y_t}{p_t^c} - \frac{w_t}{p_t^c} e_t \right) \right)^2 + \dots \right] - 0,0541 - \\ & \underbrace{-0,7169 \Delta \log(p_t^c) + 0,1205 \Delta \log\left(\frac{m2_{t-3}}{y_{t-3}}\right) - 0,1958 \left( \log\left(\frac{c_{t-1}}{p_{t-1}^c}\right) - \log\left(\frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^c} - \frac{w_{t-1}}{p_{t-1}^c} e_{t-1}\right) \right)}_{\Delta \log(a_t)}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $m2_t$  – денежный агрегат М2;  $p_t^c$  – инфляция,  $w_t$  – номинальная заработная плата в экономике. Таким образом, отклонение от долгосрочного равновесия, т.е.

$$\log\left(\frac{c_t}{p_t^c}\right) - \log\left(\frac{y_t}{p_t^c} - \frac{w_t}{p_t^c} e_t\right),$$

является лишь одним из трех факторов, меняющих модель поведения потребителей. Помимо этого агенты пересматривают свою модель потребления в зависимости от инфляции  $p_t^c$  и денежно-кредитной политики  $m2_t/y_t$ . Инфляция включает механизм подстройки потребления в результате образовавшегося дисбаланса на потребительском рынке. Денежно-кредитная политика, облегчая доступность кредитов, стимулирует потребительский спрос и также меняет модель потребления. Канал процентной ставки нами обнаружен не был (подробнее о трансмиссионных каналах монетарной политики (см. п. 6.10).

Отметим, что модель потребления может меняться лишь в результате роста капитальных доходов, зарплатный доход модели остается неизменным. Это связано с тем, что большая часть потребителей не имеет возможности делать серьезных сбережений и вынуждена расходовать основную долю своего дохода на текущее потребление. Кроме того, агенты, чей доход представлен преимущественно зарплатной платой, как правило, имеют ограниченный доступ к финансовому рынку и лишены возможности сглаживать потребление соответствующими финансовыми инструментами. Сохраняющаяся в экономике высокая степень неопределенности не позволяет этим агентам формировать устойчивые ожидания будущего потребления. В результате перманентную составляющую идентифицировать не удастся.

<sup>15</sup> В формуле (4) и далее под коэффициентами уравнений в скобках приводится  $t$ -статистика.

**6.2. Факторы предложения.** Как уже отмечалось, основной целью построения модели является анализ кратко/среднесрочной динамики и кратко/среднесрочного прогнозов. Основной механизм, имеющий отношение к кратко/среднесрочной динамике, связан с рынком труда, акцент на который сделан в модели. Динамика рынка капитала моделируется эконометрически в терминах инвестиций.

**6.3. Рынок труда.** Пусть совокупное предложение описывается производственной функцией с постоянной эластичностью замещения (CES) вида<sup>16</sup>

$$y_t^r = \gamma(\delta k_t^{-\rho} + (1-\delta)e_t^{-\rho})^{-1/\rho}, \quad (5)$$

где  $k_t$  – запас капитала,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\rho$  – параметры. При  $\rho = 0$  функция принимает вид функции Кобба–Дугласа и характеризуется единичной эластичностью замещения между трудом и капиталом.

Рассмотрим задачу оптимального выбора труда и капитала ( $r_t$ ,  $w_t^r$  – реальные цены факторов производства):

$$\begin{cases} \min_{k_t, l_t} (r_t k_t + w_t^r e_t); \\ s.t.: \bar{y}_t^r = \gamma(\delta k_t^{-\rho} + (1-\delta)e_t^{-\rho})^{-1/\rho}. \end{cases} \quad (6)$$

Несложно показать, что условия первого порядка в этом случае имеют вид:

$$\begin{aligned} w_t - \beta\gamma(1-\delta)y_t^{1+\rho}e_t^{-(1+\rho)} &= 0, \quad r_t - \beta\gamma\delta y_t^{1+\rho}k_t^{-(1+\rho)} = 0, \\ \gamma(\delta k_t^{-\rho} + (1-\delta)e_t^{-\rho})^{-1/\rho} - \bar{y}_t^r &= 0, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\beta$  – множитель Лагранжа в оптимизационной задаче. Логарифмируя условие оптимальности для труда, получаем

$$\log(e_t) = -\sigma \log(w_t^r) + \log(y_t^r) + \alpha, \quad (8)$$

где  $\sigma = 1/(1+\rho)$  – эластичность замещения между трудом и капиталом,  $\alpha = \log(\beta\gamma(1-\delta))$ . Идентификация параметров осуществляется на основе коинтеграционного анализа – переменные оказываются коинтегрированными. Предположение о единичной эластичности производственной функции по труду не подтверждается, что означает, что для российской экономики производственная функция не принадлежит классу функций Кобба–Дугласа.

Дополняя условие оптимальности эконометрическим вхождением факторов предложения труда и переписывая уравнение в терминах безработицы  $u_t$ , динамика которой зависит как от факторов спроса, так и от факторов предложения, получаем спецификацию уравнения модели

$$\begin{aligned} \Delta \log(u_t) &= 0,3535_{(3,17)} \left( \log(e_{t-1}) - \log\left(\frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^y}\right) \right) + 0,6392 \log\left(e_{t-1} \frac{w_{t-1}}{p_{t-1}^y}\right) + 0,7960 \Bigg) + \\ &+ 0,3818_{(4,17)} \Delta \log\left(\frac{y_t}{p_t^y}\right) - 0,5195_{(-5,13)} \Delta \log(u_{t-2}), \end{aligned} \quad (9)$$

где  $p_t^y$  – дефлятор ВВП.

Чтобы замкнуть рынок труда, необходимо дополнить систему уравнением для зарплатной динамики (т.е. кривой Филипса). Здесь мы следуем подходу, предложенному в работе (Bardsen et al., 2005). В основе подхода лежит теоретическая конструкция, предполагающая, что кривая Филипса формируется под действием как факторов спроса на труд, так и факторов предложения труда. Теоретическая конструкция, наряду со структурной безработицей, допускает безработицу, возникающую в результате немгновенной подстройки рынка труда к новому равновесию. В терминах спецификации кривой Филипса темпы роста заработной платы зависят от соотношения уровня заработной платы и уровня безработицы. Это означает, что в стационарном состоянии заработная плата зависит от безработицы. В традиционной формулировке кривой Филипса

<sup>16</sup> Технологический прогресс отсутствует.

стационарное состояние заработной платы соответствует единственному значению безработицы. Уровень безработицы принято называть уровнем безработицы, не ускоряющим инфляцию (Non-Accelerating Inflation Rate of Unemployment, NAIRU). Именно нестабильность NAIRU и прочих параметров подобной спецификации кривой Филипса породила ряд исследований, призванных дать объяснение этому явлению. Реализованная в настоящей модели спецификация кривой Филипса имеет вид

$$\begin{aligned} \Delta \log \left( \frac{w_t}{p_t^y} \right) = & \underset{(-2,93)}{-0,2004} \log \left( \frac{w_{t-1}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,08)}{0,1196} \log \left( \frac{\gamma e_{t-1}}{p_{t-1}^y} \right) - \underset{(1,81)}{0,0833} \log(u_{t-1}) + \\ & + \underset{(2,27)}{0,0918} \Delta \log \left( \frac{\gamma e_t}{p_t^y} \right) + \underset{(3,42)}{0,2633} \Delta \log \left( \frac{y_t}{p_{t-1}^y e_t} \right) + \underset{(3,26)}{0,7031}, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $\gamma e_t$  – государственные расходы. Стабильность параметров кривой Филипса достигается как раз спецификацией, при которой заработная плата зависит от безработицы в стационарном режиме. Это, в частности, означает неединственность NAIRU. Кроме того, стабильность параметров достигается расширением набора факторов, что позволяет точнее идентифицировать структурные параметры, стабильные к смене режимов политики и структурным шокам. Так, спецификация контролирует структурные сдвиги вхождением переменной, отражающей динамику производительности труда, а влияние со стороны политики – переменной государственных расходов.

**6.4. Рынок капитала, инвестиции.** Агрегированные инвестиции в реальном выражении в стационарном режиме стабилизируются на определенном уровне, достаточном для восполнения выбытия капитала, а также наделения капиталом новых работников, и представляют фиксированную долю совокупного дохода экономики  $ut/p_t^y$ . Кроме того, в стационарном режиме инвестиции зависят от факторов предложения – притока иностранного капитала  $fk_t$ . Инвестиции реагируют на монетарную политику ЦБ:

$$\begin{aligned} \Delta \log \left( \frac{i_t}{p_t^y} \right) = & \underset{(-2,53)}{-0,2373} \log \left( \frac{i_{t-1}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,81)}{0,4705} \log \left( \frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,12)}{0,0007} fk_{t-2} + \\ & + \underset{(4,55)}{1,0312} \Delta \log \left( \frac{m2_{t-1}}{y_{t-1}} \right) - \underset{(-3,70)}{3,15}, \end{aligned} \quad (11)$$

где  $i_t$  – инвестиции в основной капитал.

**6.5. Внешний спрос. Экспорт.** Избыточная по отношению к потребностям народного хозяйства наделенность сырьевыми ресурсами определила специализацию российской экономики в международной торговле. Нефтегазовый сектор как напрямую, так и косвенно (через бюджет, реальный и номинальный курс рубля и т.д.) влияет на все макроэкономические показатели. Нефтегазовый экспорт является основным каналом проникновения внешних шоков в систему. Поэтому целесообразно отдельное рассмотрение компоненты нефтегазового экспорта. Кроме того, неразделенный показатель экспорта плохо поддается эконометрическому описанию, поскольку включает в себя компоненты, различающиеся характером динамики. Так, нефтегазовый экспорт малочувствителен к реальному курсу, в то время как для ненафтегазового экспорта ценовая конкурентоспособность – это один из ключевых факторов.

**6.6. Нефтяной экспорт.** В условиях экзогенного для российской экономики внешнего спроса на углеводороды равновесный объем их экспорта в значительной мере определяется стороной предложения – располагаемыми добывающими и перерабатывающими мощностями, размер которых зависит от инвестиций в нефтегазовую отрасль. Со стороны предложения имеет место влияние еще одного фактора – издержек добычи. В ответ на бурный рост нефтяных цен в 2003 г. отрасль отреагировала перманентным наращиванием объема экспорта, поскольку обладала незагруженными мощностями. Во второй половине 2000-х годов, несмотря на продолжающийся рост цен, дальнейшего наращивания экспорта не происходило – влияние инвестиций в основной капитал оказалось недостаточным на фоне быстрого роста издержек добычи. Соответствующий структурный сдвиг контролируется спецификацией уравнения. Подчеркнем, что зависимость

нефтегазового экспорта от курсовой динамики нами обнаружена не была, что согласуется с экономической логикой:

$$\Delta \log \left( \frac{export_t^{oil}}{p_t^{oil}} \right) = \underset{(-5,85)}{0,7538} \log \left( \frac{export_{t-1}^{oil}}{p_{t-1}^{oil}} \right) + 0,2219 \log \left( \frac{cost_{t-1}^{oil}}{p_{t-1}^y} \right) - 0,990 \log(p_{t-1}^{oil}) - \\ - 0,2554 \log \left( \frac{i_{t-1}^{oil}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,35)}{0,3667} \Delta \log(p_{t-4}^{oil}) + \underset{(2,39)}{0,7450} \Delta \log \left( \frac{i_{t-3}^{oil}}{p_{t-3}^y} \right) - \underset{(-1,48)}{0,0507}, \quad (12)$$

где  $export_t^{oil}$  – стоимостной объем нефтегазового экспорта,  $p_t^{oil}$  – цена нефти,  $i_t^{oil}$  – инвестиции в основной капитал нефтегазовой отрасли,  $cost_t^{oil}$  – издержки нефтедобычи.

**6.7. Ненефтегазовый экспорт.** Ключевыми факторами, определяющими динамику ненефтегазового экспорта (т.е.  $export_t^{oil}/p_t^y$ ) российской экономики, являются реальный курс рубля  $rer_t$  и производительность труда  $y_t/(p_{t-1}^y e_t)$ . Реальное укрепление рубля оказывает угнетающее действие на ненефтегазовый экспорт российской экономики. Возможности увеличения доли несырьевой продукции в структуре экспорта без роста производительности труда ограничены. Объем ненефтегазового экспорта зависит также от внешнего спроса, который отслеживается показателем физических объемов импорта  $imp_{t-1}^{EU}/p_{t-1}^{EU}$  в страны Еврозоны – основного торгового партнера России:

$$\Delta \log \left( \frac{export_t^{nonoil}}{p_t^y} \right) = \underset{(-4,11)}{-0,9395} \log \left( \frac{export_{t-1}^{nonoil}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,95)}{0,9382} \log \left( \frac{imp_{t-1}^{EU}}{p_{t-1}^{EU}} \right) - \\ - \underset{(-2,83)}{0,5900} \log(rer_{t-1}) + \underset{(1,77)}{0,3793} \Delta \log \left( \frac{y_t}{p_{t-1}^y e_t} \right) + \underset{(3,78)}{9,2438}. \quad (13)$$

**6.8. Импорт.** Долгосрочные объемы импорта определяются ростом реального дохода, который зависит от реального курса рубля, и относительной ценой внутренних и иностранных товаров. Финансировать импорт на постоянной основе внешними заимствованиями невозможно, поэтому долгосрочный уровень определяется ненефтегазовым экспортом. Кроме того, зависимость от ненефтегазовой компоненты экспорта обусловлена изъятием значительной доли нефтегазовых доходов экономики действующим режимом бюджетной политики. В краткосрочном периоде на динамику импорта влияет изменение совокупного располагаемого дохода. Тогда

$$\Delta \log \left( \frac{imp_t^{RUS}}{p_t^y} \right) = \underset{(-5,13)}{-0,5209} \log \left( \frac{imp_{t-1}^{RUS}}{p_{t-1}^y} \right) + \underset{(2,38)}{0,0032} rgdp_{t-1} + \underset{(5,17)}{0,3378} \log(rer_{t-1}) + \\ + \underset{(2,28)}{0,2148} \Delta \log(export_{t-1}^{nonoil}) + \underset{(1,78)}{0,3897} \Delta \log \left( \frac{y_t - gr_t}{p_t^y} \right) + \underset{(3,83)}{2,0342}, \quad (14)$$

где  $imp_t^{RUS}/p_t^y$  – долгосрочные объемы импорта;  $gr_t$  – доходы бюджета;  $rer_t$  – реальный курс рубля;  $rgdp_t$  – реальный доход;  $export_t^{nonoil}$  – ненефтегазовый экспорт.

**6.9. Реальный и номинальный курс рубля.** Структура модели предполагает описание как номинального, так и реального валютных курсов. Отдельно моделируется номинальный курс доллара и курс евро, на основе которых затем описывается динамика реального эффективного курса рубля, рассчитываемого ЦБ России<sup>17</sup>.

Согласно существующим теоретическим подходам реальное укрепление (обесценение) валюты может быть проявлением эффекта Балассы–Самуэльсона, возникающего, когда произво-

<sup>17</sup> Отметим, что моделирование валютных курсов оказывается одной из наиболее сложных задач при конструировании модели. Дело в том, что значительная доля вариации показателя приходится на внутреннюю часть временного такта модели – квартал. Любой способ усреднения приводит к потере информации, делая изменения показателя недоступными для эконометрического анализа. Именно непротиворечивость результатов прогнозирования и сценарного анализа рассматривается нами как основной критерий выбора спецификации уравнения.

дительность труда в секторе торгуемых товаров опережает производительность труда в секторе неторгуемых товаров. Реальное укрепление национальной валюты также может быть проявлением эффекта благосостояния, возникающего вследствие улучшения условий торговли. Оба эти эффекта подробно рассмотрены для российской экономики в статье (Гурвич, Соколов, Улюкаев, 2008). Кроме того, на реальный курс валюты влияют действия экономической политики. Так, накопление валютных резервов приводит (при определенных условиях) к реальному ослаблению валюты, в условиях открытости капитального счета платежного баланса, однако эффект такой политики может оказаться краткосрочным:

$$\Delta rer_t = 0,7409 - 0,2098(rer_{t-1} - 0,2552p_{t-1}^{oil} - 0,2760dprod_{t-1}) - 0,2865\Delta er_t^{rub/doll} - 0,4210\Delta er_t^{rub/euro} - 0,0453\Delta mr_{t-1}, \quad (15)$$

(5,78)                      (-5,66)                      (-5,93)                      (-8,32)                      (-1,63)

где  $rer_t$  – реальный эффективный валютный курс;  $dprod_t$  – дифференциал производительности труда;  $er_t^{rub/doll}$  – курс доллара;  $er_t^{rub/euro}$  – курс евро;  $mr_t$  – золотовалютный резерв;  $p_t^{oil}$  – цена нефти.

Реальный эффективный валютный курс имеет долгосрочную связь<sup>18</sup> с дифференциалом производительности труда и ценой нефти, отражающей изменения условий торговли. Обнаруживается влияние на динамику реального курса и со стороны политики накопления золотовалютных резервов. Таким образом, нам также удается обнаружить эффект Балласы–Самуэльсона и эффект условий торговли (благосостояния):

$$\Delta er_t^{rub/doll} = 0,0192 - 0,8905fk_t + 0,0585\Delta mr_{t-1} - 0,5398nexp_t - 0,0776\Delta\left(\frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^y}\right) - 0,8380\Delta rer_t, \quad (16)$$

(2,16)                      (-6,02)                      (1,24)                      (-1,9)                      (-2,14)                      (-7,60)

где  $nexp_t$  – чистый экспорт,  $\Delta mr_{t-1}$  – прирост ЗВР.

При моделировании номинального валютного курса доллара<sup>19</sup> обнаруживается краткосрочное влияние на динамику (прирост показателя) со стороны платежного баланса. Рост совокупного спроса  $\Delta(y_{t-1}/p_{t-1}^y)$  оказывает давление на курсовое соотношение в сторону укрепления национальной валюты. Включением показателя  $rer_t$  контролируются реальные факторы курсовой динамики.

**6.10. Монетарный блок.** В развитых рыночных системах трансмиссия денежной политики осуществляется преимущественно по двум каналам. Основным является канал процентной ставки. Изменение номинальной ставки в условиях ценовой негибкости приводит к изменению реальной ставки процента. Увеличение реальной ставки делает текущее потребление дороже по сравнению с будущим и заставляет агентов переносить расходы на поздние периоды, уменьшая совокупное потребление. Рост ставки процента снижает оценку благосостояния и, как следствие, потребление, что является вторым важным каналом денежной трансмиссии. Часто здесь выделяют косвенный эффект. Поскольку активы выступают в качестве обеспечения кредитов, то ухудшение баланса заемщика, возникающее в результате переоценки активов, приводит к ограничению кредитования или росту премии за кредит, что снижает потребление и инвестиции.

В нашем исследовании использование подхода модели BFL, где моделируется правило Тейлора в терминах ставки процента и обнаруживается трансмиссия этого инструмента на потребление и инвестиции, не дало удовлетворительных результатов. Для полноценной работы первого канала необходим развитый кредитный рынок, широкое применение кредитных карт и других розничных финансовых продуктов. В России емкости этого сегмента финансовой системы и его эффективности все еще недостаточно. Потребители не обладают длинными кредитными историями, что затрудняет оценивание кредитного риска и дифференциацию хороших и плохих заемщиков. Высокий уровень системного риска приводит к завышению ставки и кредитному рационированию. Связь между инструментом политики и объемом выданных кредитов становится неустойчивой либо исчезает вовсе и не идентифицируется. Второй канал трансмиссии предполагает, что

<sup>18</sup> Рост показателя означает реальное укрепление рубля.

<sup>19</sup> Количество рублей за один доллар.



используется прокси-переменная  $bd_t$ , вхождение которой в модель осуществляется на эконометрической (а не балансовой) основе, несмотря на то что показатель дефицита (если быть точнее, профицита) согласуется с динамикой показателя фондов, точного соответствия все же не наблюдается. Дело в том, что происходит не только приток средств на счета казначейств, но и отток средств фондов, а также курсовая переоценка валютной части фонда:

$$\Delta mb_t - \Delta (mr_t \Delta er_t^{rub/doll}) = \underset{(6,04)}{0,6235} \Delta bd_t - \underset{(-6,73)}{288,444} er_t^{rub/doll} - \underset{(-7,32)}{0,8747} \Delta \frac{y_t}{p_t^y} - \underset{(-2,07)}{0,5371} \Delta p_t^y - \underset{(-1,77)}{-0,1622} (\Delta mb_t - \Delta (mr_t \Delta er_t^{rub/doll})) - \underset{(-3,26)}{371,6613}. \quad (18)$$

Полученное выражение напоминает правило Тейлора, но не в терминах ставки, а в терминах объема кредитования ЦБ банковского сектора. Согласно полученным оценкам приоритетными для ЦБ являются курсовая цель, цель выпуска и цель по инфляции.

Далее, импульсы денежной базы передаются через мультипликатор  $mult_t$  на уровень денежной массы  $m2_t$ . Мультипликатор, агрегирующий характеристики денежно-кредитной системы страны, описывается трендовой составляющей, а краткосрочные колебания улавливает показатель реального выпуска:

$$mult_t = \underset{(4,63)}{0,0198} t + \underset{(3,18)}{0,0017} \frac{y_t}{p_t^y} + \underset{(2,40)}{0,4516}, \quad (19)$$

$$m2_t = mult_t mb_r. \quad (20)$$

Влияние агрегата M2 на реальный сектор идентифицировано в п. 6.1, 6.9.

Для завершения описания трансмиссионного механизма монетарной политики остается описать монетарные импульсы ценовых механизмов модели.

Рассмотрим дефлятор ВВП  $p_t^y$  и индекс потребительских цен  $p_t^c$ . В стационарном режиме дефлятор ВВП определяется денежной массой  $m2_t$ , реальными доходами  $y_t/p_t^y$  и фондом оплаты  $w_t e_t$ . Высокий объем производства оказывает понижающее действие на цены, а высокие заработные платы – повышающее. Реальные доходы также положительно влияют на цены в краткосрочном периоде. Индекс потребительских цен в модели привязан долгосрочным соотношением к дефлятору ВВП с поправкой на динамику внешней (еврозоны) инфляции  $p_t^{cEU} er_t^{rub/eur}$  и отдельно – валютного курса  $\Delta er_t^{rub/doll}$ , поскольку существенная доля индекса связана с ценами импортных товаров, зависящих от курсовых изменений:

$$\Delta p_t^y = \underset{(-5,18)}{-0,6354} \left( p_{t-1}^y - 0,0152 m2_{t-4} + 0,0600 \frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^y} - 0,0031 p_{t-1}^{oil} - 0,002 w_{t-1} e_{t-1} \right) - \underset{(-2,59)}{-0,2939} \Delta p_{t-1}^y + \underset{(3,08)}{0,0007} \Delta p_t^{oil} + \underset{(2,89)}{0,0359} \Delta \frac{y_{t-1}}{p_{t-1}^y} + \underset{(3,61)}{0,0004} \Delta w_t e_t + \underset{(2,77)}{2,6105} \Delta p_t^{cEU} + \underset{(4,63)}{0,0128} (t-1) + \underset{(1,80)}{0,0819}, \quad (21)$$

$$\Delta p_t^c = \underset{(-4,08)}{-0,1940} (p_{t-1}^c - 0,4051 p_{t-1}^y - 0,0207 w_{t-1} e_{t-1} - 0,0062 p_{t-1}^{cEU} er_t^{rub/eur}) + \underset{(1,72)}{0,0014} \Delta er_{t-1}^{rub/doll} + \underset{(4,07)}{0,0003} \Delta p_t^{oil} + \underset{(1,58)}{0,0031} \Delta m2_{t-2} + \underset{(4,91)}{0,3605} \Delta p_{t-1}^c - \underset{(-5,86)}{0,0160} \Delta \frac{y_t}{p_t^y} + \underset{(4,26)}{0,0563}. \quad (22)$$

**6.11. Бюджетный блок и бюджетное правило.** Доходная часть бюджетного блока в модели представлена 17 уравнениями, на основе которых описываются все статьи доходов консолидированного бюджета: НДС, импортный НДС, налог на прибыль, импортные пошлины, экспортные пошлины (три компонента нефтегазовых доходов и прочие), НДПИ (три компонента), акцизы,

социальный налог, НДФЛ. Как правило, каждая статья доходов представляет произведение ставки налога  $t_i$  и агрегированной базы налогообложения  $nb_i$  (так, к примеру, для НДС – это ВВП), а также коэффициента собираемости, оцениваемого эконометрически, что позволяет прогнозировать не только нормативный (планируемый) объем налоговых поступлений, но и фактическое поступление:

$$GR_t = \sum_{i=1}^{17} t_i nb_i, \quad (23)$$

где  $GR_t$  – государственные доходы.

Важнейшей особенностью работы является моделирование процесса формирования расходов бюджетной системы в соответствии с механизмом бюджетного правила. В отличие от BFL-модели расходы не описываются эконометрическим уравнением, а имитируется механизм бюджетного правила на основе следующей процедуры. Так, на каждом временном такте один проход модели вычисляет макропоказатели и соответствующие им доходы бюджета при базовой цене нефти, рассчитываемой как многолетнее среднее. Базовая величина доходов бюджета используется для вычисления уровня расходов, как предполагает действующее бюджетное правило. Расходы, сценарная цена нефти и остальных экзогенных переменных модели служат входящими параметрами для второго прохода модели, вычисляющего уже окончательный макропрогноз для этого же временного такта:

$$\begin{cases} GE = GR(Model(p_{base}^{oil}, exogen_{base})) + 1\% \times GDP(Model(p_{base}^{oil}, exogen_{base})), \\ MF = Model(GE, p_{scen}^{oil}, exogen_{scen}), \end{cases} \quad (24)$$

где  $GE$  – государственные расходы,  $GR$  – государственные доходы,  $MF$  – макроэкономический прогноз,  $GDP$  – ВВП,  $Model$  – исследуемая модель прогноза,  $exogen$  – набор экзогенных переменных модели. Индекс  $base$  указывает на вычисления при базовой цене нефти, а индекс  $scen$  – при сценарном значении цен на нефть и других экзогенных переменных модели. Отметим, что описанный подход к моделированию расходов бюджета учитывает влияние государственных расходов на экономику, что существенно повышает точность прогноза и тем достигается полнота описания структурных связей.

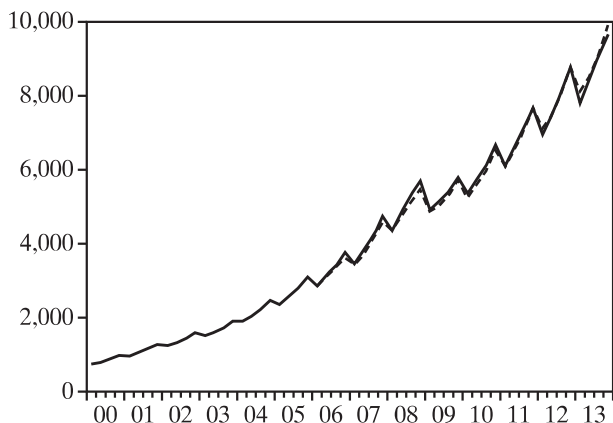
## 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе представлена квартальная макроэкономическая модель российской экономики, включающая основные экономические механизмы, формирующие кратко/среднесрочную динамику. К числу таких механизмов относятся: бюджетное правило, взаимодействие монетарной и бюджетной политики в контексте накопления ЗВР и бюджетных фондов, двухканальное управление ЦБ денежной базой, потребительское поведение и спрос на труд. Включение в модель основных поведенческих механизмов и механизмов политики, а также отражение важнейших структурных особенностей российской экономики позволяет проводить сценарный анализ последствий изменения режимов политики и конструировать прогнозы высокого качества.

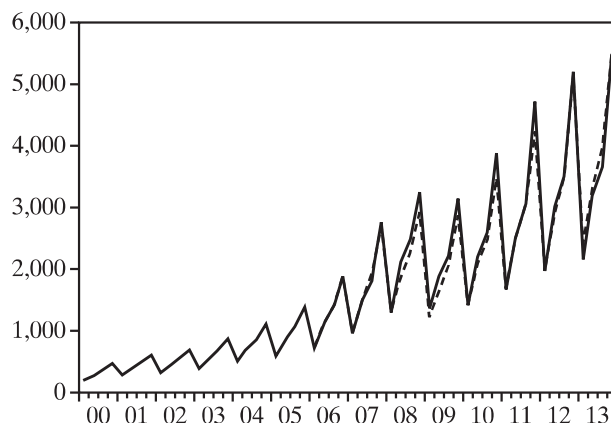
В работе (Basdevant, 2000) автор приходит к выводу, что фискальная консолидация в докризисный период (до 1998 г.) не являлась оптимальным вариантом политики. По мнению автора, вместо этого бюджетную политику необходимо было ориентировать на поддержку структурных преобразований на стороне предложения. В России выбор был сделан в пользу консервативной бюджетной политики, основной целью которой стало поддержание макроэкономической стабильности, что должно было обеспечить приток частных инвестиций, в первую очередь иностранных. Представляет интерес рассмотрение альтернативных сценариев динамики государственных расходов на основе построенной модели, что и является предметом дальнейшего исследования. Заслуживает отдельного рассмотрения вычисление оптимального бюджетного правила, учитывающего как цели макроэкономической стабильности, так и цели экономического роста, что позволит пролить свет на один из самых дискуссионных вопросов современной макроэкономической политики России.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

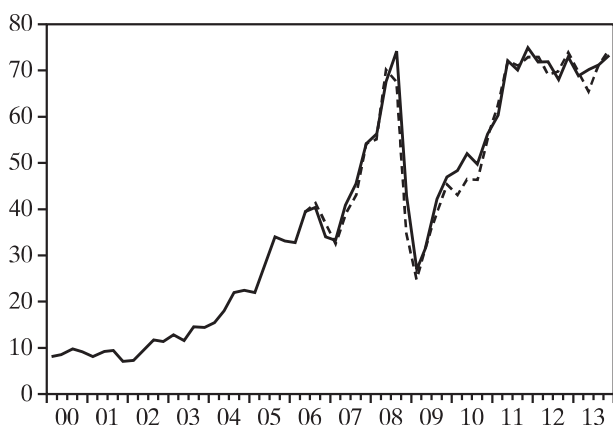
Верификация модели осуществляется на интервале с 2006 по 2011 г. Важно подчеркнуть, что при верификации на каждом шаге в качестве начальных условий используются не фактические данные, а значения, полученные на предыдущем шаге, т.е. решение представляет собой динамический прогноз. На рис. П1–П15 приводится расчетная динамика основных показателей модели. На графиках пунктирной линией нанесены решения модели, а сплошной линией – фактические данные.



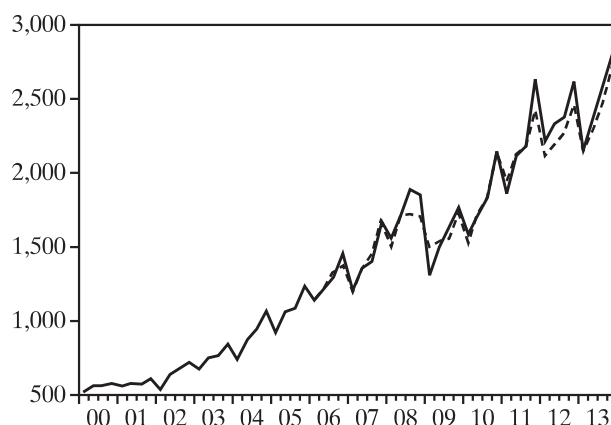
**Рис. П1.** Потребление, млрд руб.



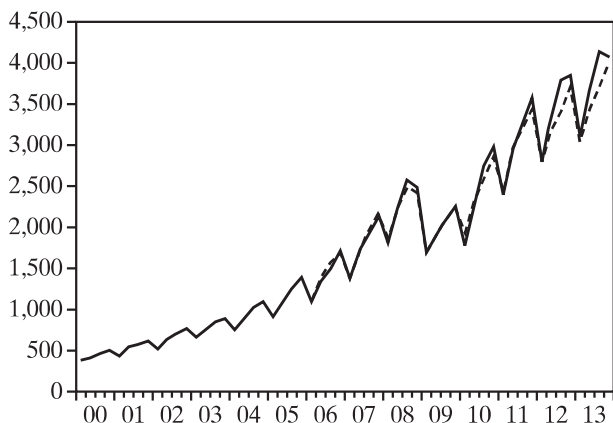
**Рис. П2.** Накопление, млрд руб.



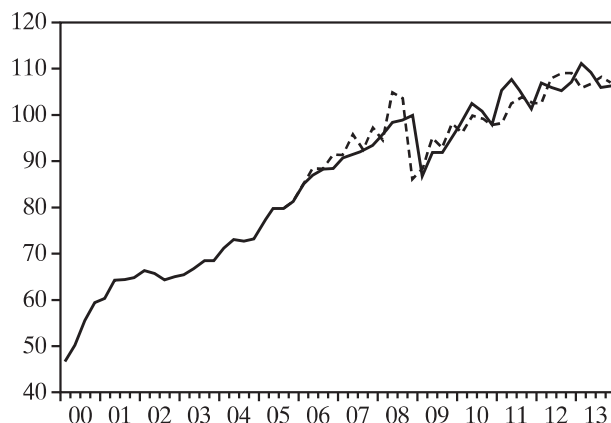
**Рис. П3.** Нефтяной экспорт, млн долл.



**Рис. П4.** Ненефтяной экспорт, млрд руб.



**Рис. П5.** Импорт, млрд руб.



**Рис. П6.** Реальный эффективный курс рубля, %

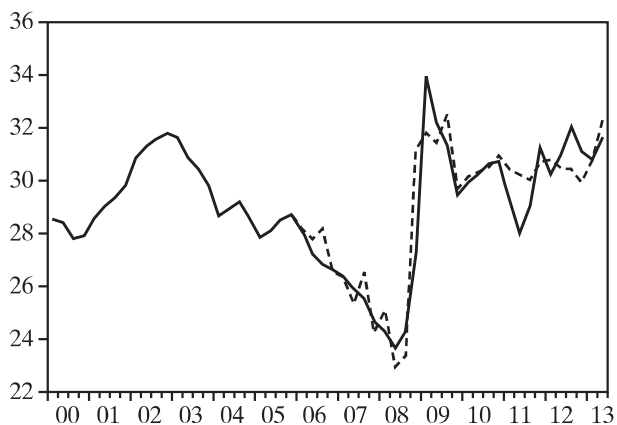


Рис. П7. Курс доллара

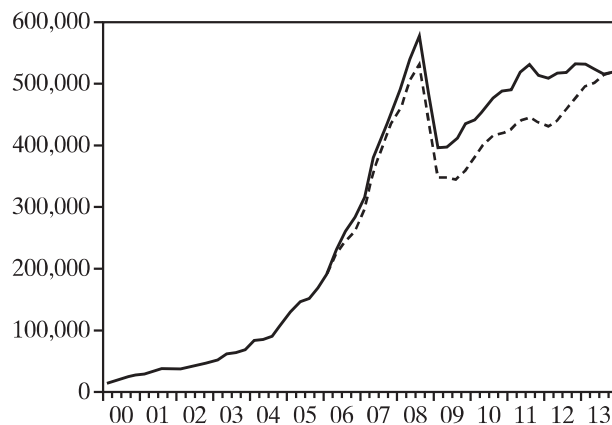


Рис. П8. ЗВР, млн долл.

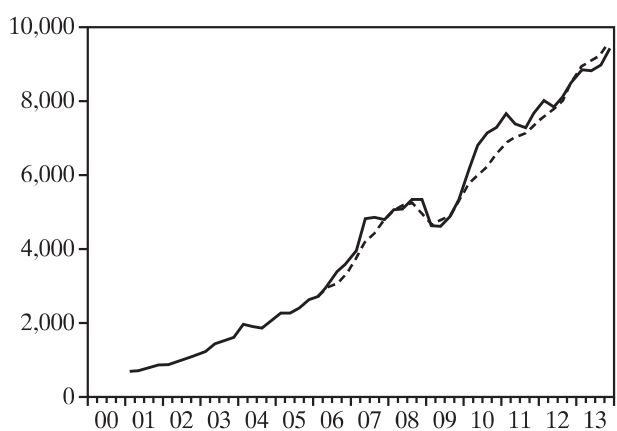


Рис. П9. Денежная база, млрд руб.

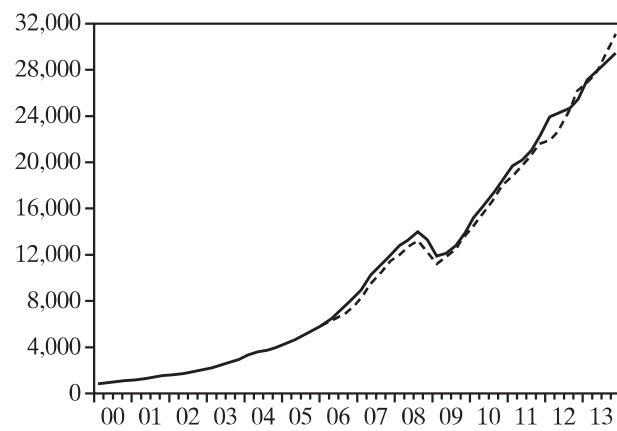


Рис. П10. М2, млрд руб.

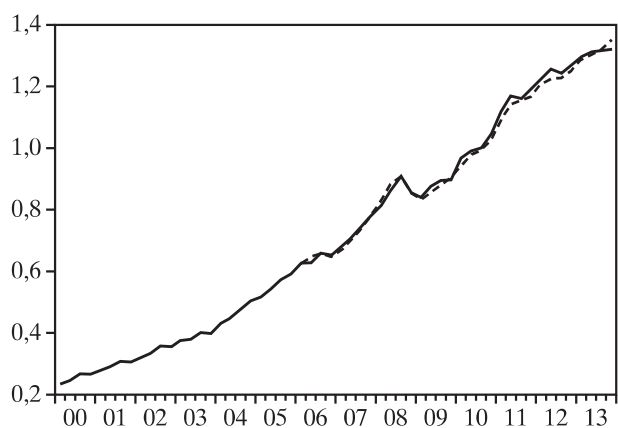


Рис. П11. Дефлятор ВВП, 2010 г. = базовый год

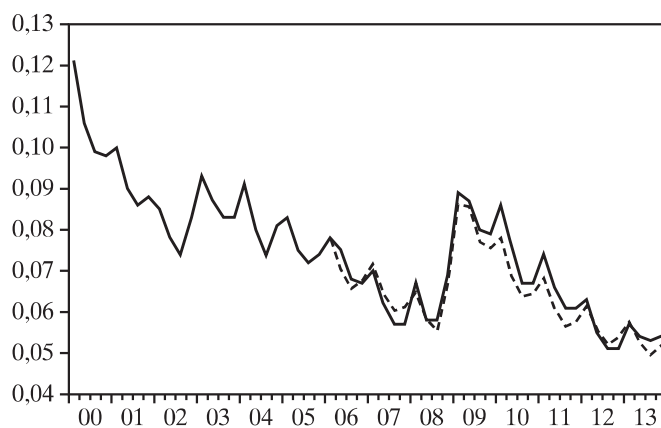


Рис. П12. Безработица, доля от трудоспособного населения

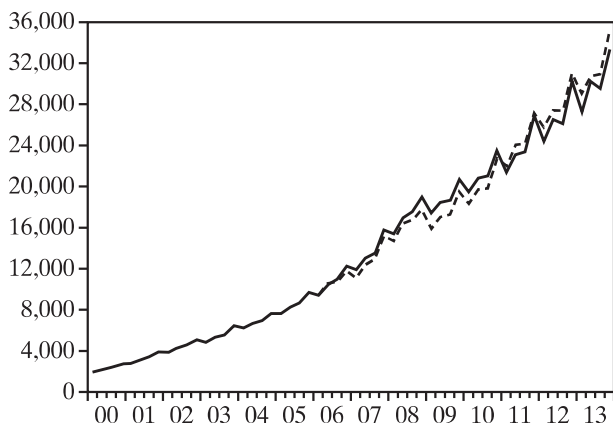


Рис. П13. Средняя заработная плата, тыс. руб.

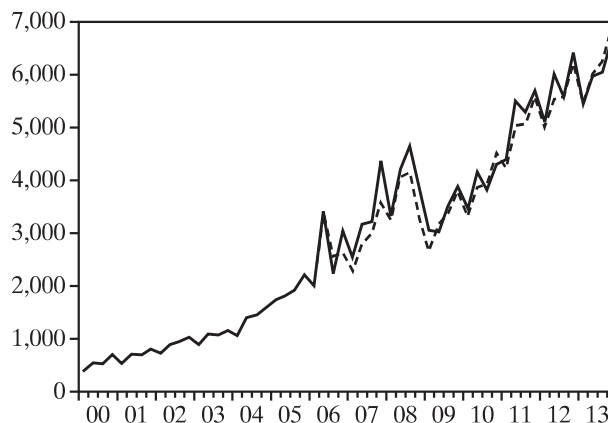


Рис. П14. Доходы консолидированного бюджета, млрд руб.

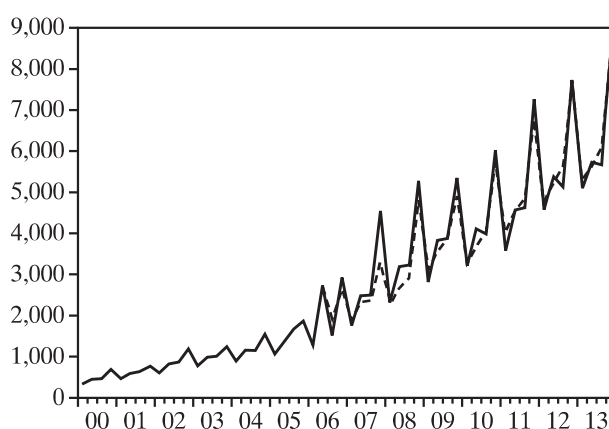


Рис. П15. Расходы федерального бюджета, млрд руб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айвазян С.А., Бродский Б.Е.** (2006). Макроэконометрическое моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики // *Прикладная эконометрика*. № 2. С. 85–111.
- Алексеев А.В., Соколов Д.В., Турдыева Н.В., Юдаева К.В.** (2006). Россия и международные торговые организации: анализ в рамках модели общего равновесия // *Экономическая наука современной России*. № 4. С. 112–125.
- Гурвич Е., Соколов В., Улюкаев А.** 2008. Оценка вклада эффекта Балассы–Самуэльсона в динамику реального обменного курса рубля // *Вопросы экономики*. Т. 7. С. 12–30.
- Ивашенко С.** (2013). Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия с банковским сектором и эндогенными дефолтами фирм. СПб.: Европейский университет. Препринт Ес-02/13.
- Макаров В.Л.** (1999). Вычислимая модель российской экономики (RUSEC). Препринт# WP/99/069. М.: ЦЭМИ РАН.
- Макаров В.Л., Айвазян С.А., Борисова С.В., Лакалин Э.А.** (2001). Эконометрическая модель экономики России для целей краткосрочного прогноза и сценарного анализа. Препринт# WP/2001/121. М.: ЦЭМИ РАН.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С.** (2013). Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Directmedia.

- Полбин А.В.** (2013). Построение динамической стохастической модели общего равновесия для экономики с высокой зависимостью от экспорта нефти // *Экономический журнал Высшей школы экономики*. № 17(2). С. 347–387.
- Шульгин А.Г.** (2014). Сколько правил монетарной политики необходимо при оценке DSGE-модели для России? // *Прикладная эконометрика*. № 4. С. 3–31.
- Aguiar M., Gopinath G.** (2007). The Role of Interest Rates and Productivity Shocks in Emerging Market Fluctuations. Central Bank of Chile.
- Bardsen G., Eitrhei O., Jensen E., Nymoen R.** (2005). The Econometrics of Macroeconomic Modelling. Oxford: Oxford University Press.
- Basdevant O.** (2000). An Econometric Model of the Russian Federation // *Economic Modelling*. Vol. 17(2). P. 305–336.
- Benedictow A., Fjærtoft, Løfsnæs O.** (2010). Oil Dependency of the Russian Economy: an Econometric Analysis // *Economic Modelling*. Vol. 32. P. 400–428.
- Diebold F.X.** (1997). The Past, Present, and Future of Macroeconomic Forecasting // *National Bureau of Economic Research*. No. w6290.
- Kehoe T.J.** (2005). An Evaluation of the Performance of Applied General Equilibrium Models of the Impact of NAFTA. In: “*Frontiers in Applied General Equilibrium Modelling*” Kehoe T.J., Srinivasan T., Whalley J. (eds.). New York: Cambridge University Press. P. 341–377.
- Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Bakhtizina N.V.** (2006). Agent-Based Model of Russian Socio-Economic System (CGE Model with Built-in Neural Networks Approach). [Электронный ресурс] // *Internet journal “Artificial Societies”*. Vol. 1. No 1. Режим доступа: <http://abm.center/upload/iblock/a30/a3061d1f862e2fd11be782689fffa0a2.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: март 2016 г.).
- Meltzer A.H.** (1995). Monetary, Credit and (Other) Transmission Processes: a Monetarist Perspective // *The Journal of Economic Perspectives*. Vol. 9. P. 49–72.
- Merlevede B., Schoors K., Aarle B. van** (2009). Russia from Bust to Boom and Back: Oil Price, Dutch Disease and Stabilisation Fund // *Comparative Economic Studies*. Vol. 51(2). P. 213–241.
- Stock J.H.** (1987). Asymptotic Properties of Least Squares Estimators of Cointegrating Vectors // *Econometrica*. Vol. 5. P. 1035–1056.

#### REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Aguiar M., Gopinath G.** (2007). The Role of Interest Rates and Productivity Shocks in Emerging Market Fluctuations. Central Bank of Chile.
- Aivazian S.A., Brodsky B.E.** (2006). Macroeconometric Modeling: Modern Trends, Problems, an Example of the Econometric Model of the Russian Economy. *Applied Econometrics* 2, 85–111 (in Russian).
- Alekseev A.V., Sokolov D.V., Turdieva N.V., Yudaeva K.V.** (2006). Russia and the International Trading Organizations: the Analysis within the Limits of the General Equilibrium Model. *Economics of Contemporary Russia* 4, 112–125 (in Russian).
- Bardsen G., Eitrhei O., Jensen E., Nymoen R.** (2005). The Econometrics of Macroeconomic Modelling. Oxford: Oxford University Press.
- Basdevant O.** (2000). An Econometric Model of the Russian Federation. *Economic Modelling* 17(2), 305–336.
- Benedictow A., Fjærtoft, Løfsnæs O.** (2010). Oil Dependency of the Russian Economy: an Econometric Analysis. *Economic Modelling* 32, 400–428.
- Diebold F.X.** (1997). The Past, Present, and Future of Macroeconomic Forecasting. *National Bureau of Economic Research*. No. w6290.
- Gurvich E.T., Sokolov V., Ulyukaev A.V.** (2008). The Impact of the Balassa–Samuelson Effect on the Real Ruble Exchange Rate: The Assessment. *Voprosy Ekonomiki* 7, 12–30 (in Russian).
- Ivashchenko S.M.** (2013). Dynamic Stochastic General Equilibrium Model with Banks and Endogenous Defaults of Firms. *Journal of the New Economic Association* 19, 3, 27–50 (in Russian).
- Kehoe T.J.** (2005). An Evaluation of the Performance of Applied General Equilibrium Models of the Impact of NAFTA. In: “*Frontiers in Applied General Equilibrium Modelling*” Kehoe T.J., Srinivasan T., Whalley J. (eds.). New York: Cambridge University Press, 341–377.

- Makarov V.L.** (1999). A Computable Model of Russian Economy (RUSEC). Preprint No. WP/99/069. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Makarov V., Aivasian S., Borisova S., Lakalin E.** (2001). Econometric Model of the Russian Economy for Short-Term Forecasting and Scenario Analysis. Working paper WP/2001/121. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Bakhtizina N.V.** (2006). Agent-Based Model of Russian Socio-Economic System (CGE Model with Built-in Neural Networks Approach). *Internet journal "Artificial Societies"* 1, 1. Available at: <http://abm.center/upload/iblock/a30/a3061d1f862e2fd11be782689fffa0a2.pdf> (accessed: March 2016).
- Meltzer A.H.** (1995). Monetary, Credit and (Other) Transmission Processes: a Monetarist Perspective. *The Journal of Economic Perspectives* 9, 49–72.
- Merlevede B., Schoors K., Aarle B. van** (2009). Russia from Bust to Boom and Back: Oil Price, Dutch Disease and Stabilisation Fund. *Comparative Economic Studies* 51(2), 213–241.
- Polbin A.V.** (2013). Development of a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model for an Economy with High Dependence on Oil Export. *The HSE Economic Journal* 17(2) (in Russian).
- Shulgin A.G.** (2014). How Much Monetary Policy Rules Do We Need to Estimate DSGE Model for Russia? *Applied Econometrics* 4, 3–31 (in Russian).
- Stock J.H.** (1987). Asymptotic Properties of Least Squares Estimators of Cointegrating Vectors. *Econometrica* 5, 1035–1056.

Поступила в редакцию  
01.10.2015 г.

## A Macroeconomic Model of the Russian Economy

**D.V. Skripnik**

The macroeconomic model of Russian economy is constructed. The model takes into account the key features of behavioral mechanism, economic policy mechanism, and key structural features of the economy. We model the budget rule mechanism, consider interaction of the Central Bank and budget in a context of monetary and budget reserves accumulation. We include two different monetary policy rules in the model: domestic credit rule and exchange rate rule. The exchange rate submodel describes a Balassa–Samuelson effect and terms of trade effect. The model has high forecast power: model forecast quality is higher than Ministry of Economy Development of Russian Federation forecast quality for majority of macroeconomic indicators.

**Keywords:** macroeconomic modeling, error correction model, budget rule, transmission mechanism of monetary policy.

**JEL Classification:** E170, C530, C510.