

# Построение динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики

А.В. Полбин<sup>1</sup>

## Введение

В последние годы динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE) занимают важное место в современном макроэкономическом анализе. Модели данного класса предлагают формальный экономико-математический аппарат, как для анализа источников флуктуации экономики, так и для анализа макроэкономической политики. Теоретической основой рассматриваемого вида анализа являются микроэкономические обоснования, в рамках которых динамика экономической системы представляет собой результат некоторой оптимизационной деятельности экономических агентов.

Данная теоретическая концепция обеспечивает «структурность» параметров модели, которые определяются предпочтениями экономических агентов и технологиями, что наряду с рациональными ожиданиями, достаточно хорошо выдерживает критику Лукаса (Lucas, 1976). История становления DSGE моделей восходит к теории реального бизнес цикла, разработанной Кидландом и Прескоттом (Kydland and Prescott, 1982). Однако современные модели строятся в тесной интеграции с неокейнсианским подходом, при котором в модели вводится широкий набор реальных и номинальных «жесткостей». Данные свойства позволяют обеспечить хорошую согласованность моделей с эмпирическими данными и способность прогнозировать временные ряды не хуже, чем сугубо эконометрические модели (см., например, Adolfson, 2007; 2008; Christiano et al., 2005; Smets and Wouters, 2003; 2005; 2007).

Внушительные успехи в спецификации, оценке DSGE моделей и анализе экономической политики в рамках данного подхода в академической литературе привели к широкому спросу на рассматриваемый вид анализа со стороны центральных банков и других институтов, как ведущих, так и развивающихся экономик. Примерами могут служить модели Банка Канады ToTEM (Murchison and Rennison, 2006), ФРС США SIGMA (Erceg et al., 2006) и Европейского Центрального Банка NAWM (Christoffel et al., 2008), разработанные для отдельных экономик, и модели мировой экономики МВФ GEM (Pesenti, 2008) и GIMF (Kumhof et al., 2010).

Модели, разрабатываемые в центральных банках, в основном являются достаточно детализированными и имеют очень большую размерность, что сильно снижает возможность непосредственной их оценки на эмпирических данных. Обычно авторы калибруют параметры, основываясь на оценках, полученных из академической литературы. В качестве одного из используемых методов эмпирической верификации является сравнение функций импульсного отклика на некоторые шоки экономики, полученных в рамках численных симуляций, с результатами более простых моделей, например, основанных на векторных авторегрессиях.

В настоящей работе предлагается динамическая стохастическая модель российской экономики с несколькими производственными секторами. Мы будем рассматривать производство торгуемых и неторгуемых товаров и нефти. Нефть в модели экспортируется и используется в качестве фактора производства отечественных торгуемых и неторгуемых

---

<sup>1</sup> Полбин Андрей Владимирович - старший научный сотрудник Института экономической политики им. Е.Т. Гайдара. E-mail: apolbin@gmail.com.

товаров. В модели также предполагается существование номинальных и реальных жесткостей, наиболее часто используемых в литературе: жесткость цен и заработных плат, привычки в потреблении домохозяйств, издержки на установку нового капитала и издержки загрузки капитальных мощностей.

Работа построена следующим образом. В первом разделе приводится краткое описание теоретической модели, во втором — анализируется влияние на экономику роста мировых цен на нефть, в третьем — приводится оценка вклада внешних шоков в экономический спад России во время кризиса 2008 года.

## 1. Описание теоретической модели

В данной части работы приводится краткое описание предлагаемой динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики. Модель представляет собой малую открытую экономику с четырьмя экономическими агентами: домохозяйства, фирмы, государство и центральный банк. Поведение первых двух типов экономических агентов является результатом оптимизационной деятельности. Домохозяйства максимизируют свое благосостояние, а фирмы свою стоимость. Поведение же Центрального банка и фискального сектора задается с помощью экзогенных правил политики.

Особенностью модели является многотоварная структура. В экономике различаются четыре типа товаров: отечественные торгуемые и неторгуемые товары, импортные товары и нефть. Первые три товара используются для конечного потребления домашними хозяйствами, государством и идут на формирование инвестиций. При этом неторгуемые товары могут потребляться только внутри страны, торгуемые отечественные товары же могут также экспортироваться. Нефть используется как фактор производства отечественных благ и экспортируется. Общая схема товарных потоков представлена на рисунке 1.

Моделирование нефти как отдельного товара обусловлено высокой долей нефти и газа в экспорте нашей страны и высокой статьёй расходов на энергоресурсы у потребителей внутри страны. Под нефтью в модели мы понимаем нефть, нефтепродукты и газ и трактуем данный товар как энергию. Рассмотрение нефти в качестве отдельного фактора производства позволяет моделировать спрос на данный ресурс внутри страны и анализировать влияние изменения цен на нефть на международном рынке, как со стороны изменения агрегированного спроса, так и со стороны изменения издержек производства. Данная спецификация модели также позволяет анализировать экономическую политику в области энергетики.

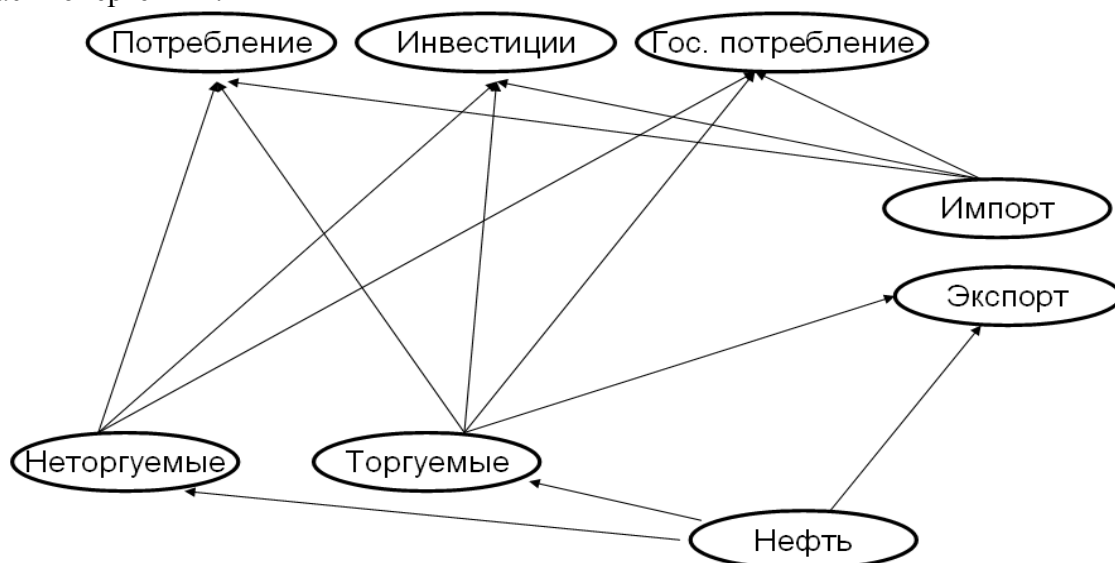


Рисунок 1. Товарные потоки

Рассмотрение энергии как отдельного фактора производства в экономической литературе исходит к первому шоку цен на нефть 1973 года. После данного события было проведено множество исследований по оценке производственных функций и эластичностей замещения между энергией и другими факторами производства (см., например, Berndt and Wood, 1975; 1979; Griffin and Gregory, 1976; Hudson and Jorgenson, 1974). Как отмечает Солоу (Solow, 1987), данные эластичности являются ключевыми величинами для понимания макроэкономических эффектов от шоков цен на энергию и анализа экономической политики в области энергетики.

Рассматриваемый подход не является новым и в рамках DSGE моделирования. Для анализа эффектов от изменения цен на нефть энергия включалась в производственную функцию в работах Кима и Лоунгани (Kim and Loungani, 1992), Ротемберга и Вудфорда (Rotemberg and Woodford, 1996) и Финна (Finn, 2000). Карлстром и Фуерст (Carlstrom and Fuerst, 2006) и Ледук и Сил (Leduc and Sill, 2004) анализировали денежно-кредитную политику при наличии шоков цен на нефть. Но в большей части работ анализ посвящен странам, импортирующим нефть, а не экспортирующим.

При моделировании деятельности фирм в торгуемом и неторгуемом секторах экономики предполагается, что в каждом секторе действует континуум фирм на рынке монополистической конкуренции. В предлагаемой модели мы отойдем от наиболее часто используемой предпосылки о том, что решение о накоплении капитала принимают домохозяйства, а фирмы арендуют капитал на конкурентном рынке. По аналогии с работами (Altig et al., 2011; Woodford, 2005) будем предполагать, что капиталом владеют фирмы, и инвестиционные решения осуществляются на уровне отдельных фирм. Фирмы, в свою очередь, для финансирования инвестиционных проектов выпускают акции, которыми владеют домохозяйства.

Долговое финансирование капитала в данной работе рассматриваться не будет, так как согласно теореме Мондильяни-Миллера (Modigliani and Miller, 1958) когда финансовые рынки совершенны и при отсутствии налогов, рыночная оценка капитала не зависит от способа финансирования инвестиций. В настоящей работе мы рассматриваем только два типа налогов: чистый налог на домохозяйства и таможенную пошлину на экспорт нефти, которые не меняют выводы данной теоремы. Несомненно, рассматриваемая предпосылка является сильным упрощением реальности.

В модели предполагается, что фирмы действуют в интересах собственников и максимизируют свою стоимость, которая определяется как дисконтированная сумма денежных потоков. В работе Модильяни и Миллер (Modigliani and Miller, 1961) показывают эквивалентность альтернативных подходов к оцениванию стоимости фирмы. Так, например, максимизация дисконтированной суммы денежных потоков и потока дивидендов будут приводить к эквивалентным результатам.

Концепция максимизации стоимости фирмы лежит в основе неоклассической теории инвестиций (см., например, Jorgenson, 1963; Lucas, 1967; Hayashi, 1982). Основное отличие от неоклассической теории в рассматриваемой в настоящей статье задаче фирмы заключается в том, что фирмы действуют на рынке монополистической конкуренции и принимают решения о ценах на свою продукцию, что согласуется с работами (Altig et al., 2011; Woodford, 2005).

В постановке задачи, при которой фирмы владеют капиталом, уровень капитала оказывается детерминированным в текущем периоде на уровне фирм, т.е. отдельная фирма может снизить или увеличить уровень своего капитала только в будущих периодах посредством соответствующих инвестиционных решений. В модель также вводятся издержки на установку нового капитала, что обеспечивает постепенное изменение капитала и инвестиций в ответ на фундаментальные шоки экономики. Данные свойства естественным образом ограничивают мобильность капитала между секторами. Так, например, если произошел шок спроса на товары неторгуемого сектора, и капитал в этом

секторе стал более производительным, то при отсутствии полной мобильности только с течением времени капитал из торгуемого сектора может перетечь в неторгуемый.

С точки зрения моделирования жесткости ценовых показателей в литературе по тематике DSGE наиболее популярными являются два механизма ценообразования: Кальво (Calvo, 1983) и Ротемберга (Rotemberg, 1982). В первом подходе предполагается, что отдельная фирма в каждый период времени может изменить (оптимизировать с точки зрения максимизации прибыли) цену с некоторой экзогенной вероятностью. В данной концепции в каждый период времени цены меняет только определенная доля фирм, и естественным образом возникает понятие средней продолжительности ценового контракта.

Таким образом, параметры механизма изменения цен по Кальво могут быть непосредственно приведены в соответствие с фактами относительно средней длительности ценовых контрактов, полученных на основе микроданных (см., например, Bils and Klenow, 2004; Golosov and Lucas, 2007; Klenow and Kryvtsov, 2008). Но, в основном, эконометрические оценки макроэкономических моделей на агрегированных данных приводят к более низкой частоте изменения цен по сравнению с исследованиями на микроданных.

На сегодняшний день существует множество модификаций базового механизма ценообразования Кальво. Так, для учета высокой инерционности инфляции, в модели вводятся механизмы, обеспечивающие включение первого лага инфляции в кривую Филлипса. Например, в работе (Christiano et al., 2005) фирмы, которые не оптимизируют свою цену в текущем периоде, индексируют ее на уровень инфляции предыдущего периода, а в работе (Gali et al., 2001) предполагается, что часть фирм имеют «назад-смотрящие» ожидания (backward-looking expectations).

В механизме ценообразования по Ротембергу все фирмы оптимизируют и изменяют цену на свой товар в каждый период времени, но при этом изменение цены связано с некоторыми реальными издержками (в терминах товаров и услуг), которые, как обычно предполагается, являются квадратичной функцией от изменения цены. Чем больше фирма изменяет свою цену относительно цены предыдущего периода, тем большие издержки связаны с данным изменением. В рассматриваемом подходе оптимальным для фирм является постепенное изменение своей цены в ответ на какой-либо шок, а не одномоментное изменение ее до «эффективного» уровня. Таким образом, из-за присутствия реальных издержек изменения цен, инфляция будет приводить к дополнительному потреблению ресурсов, что, в свою очередь, будет вести к потерям в общественном благосостоянии. В механизме ценообразования по Кальво также возникают потери в благосостоянии, связанные с неэффективной дисперсией в ценах (см., например, Rotemberg and Woodford, 1997; Woodford, 2003).

Несмотря на концептуальное различие в подходах моделирования жесткости цен по Кальво и Ротембергу, оба подхода приводят к достаточно схожим результатам на агрегированном уровне. Большинство DSGE моделей линеаризуются до первого порядка, после чего производится их оценивание. В рамках линеаризованной системы оба механизма ценообразования приводят к одинаковым линейным уравнениям, описывающим динамику экономической системы (см., например, Rotemberg, 1987; Roberts, 1995). При некоторых условиях оба подхода могут также приводить к одинаковым потерям в общественном благосостоянии (см., например, Lombardo and Vestin, 2008; Nistico, 2007).

В данной работе при моделировании жесткостей цен и заработных плат мы будем использовать механизм ценообразования Ротемберга. Это, прежде всего, обусловлено сложностью получения решения с ценообразованием по Кальво в модели, в которой фирмы владеют капиталом. В стандартной постановке задачи, при которой фирмы арендуют однородный капитал и труд на конкурентных рынках факторов производства, все фирмы сталкиваются с одними и теми же предельными издержками, что обеспечивает

установление одной и той же цены фирмами, которые оптимизируют цену в данный период. Такая симметричность в ценообразовании обеспечивает возможность получения решения модели, которое может быть описано нелинейными уравнениями в рекурсивной форме. В случае же, когда фирмы владеют капиталом при ценообразовании по Кальво, оптимизирующие цену в данный период времени фирмы выбирают различные цены в зависимости от того, сколько капитала накоплено ими на начало периода. Данная особенность сильно усложняет анализ, и на сегодняшний день решение модели с ценообразованием по Кальво, в которой фирмы владеют капиталом, было получено только в рамках линеаризованной системы уравнений (см., например, Altig et al, 2011; Woodford, 2005).

В настоящей же работе предлагается модель, которую можно использовать для анализа как краткосрочных, так и перманентных шоков на экономику. Для анализа второго типа шоков необходимо иметь исходную нелинейную систему уравнений, описывающих динамику экономических переменных, что и обуславливает выбор в пользу ценообразования по Ротембергу. Альтернативой мог бы служить, к примеру, подход к ценообразованию Тейлора (Taylor, 1980), который использовался при оценке DSGE модели в работе (de Walque et al., 2006) с ограниченной мобильностью факторов производства между отдельными фирмами.

## **2. Оценка макроэкономических эффектов от роста мировых цен на нефть**

Настоящий раздел посвящен численному имитационному анализу, в рамках которого анализируются динамические функции импульсного отклика в ответ на 10-процентный рост мировых цен на нефть. При этом предполагается, что цена на нефть является стационарным AR(1) процессом с высоким значением автокорреляции, который калибруется на уровне 0.95. Таким образом, предполагается, что экономические агенты рассматривают данное изменение цены на нефть как временный шок и ожидают, что со временем цены вернуться к долгосрочному уровню.

Перед тем как перейти к детальному описанию функций импульсного отклика, кратко сформулируем основные ожидаемые результаты. Предлагаемая модель имеет многотоварную структуру, и в ней в качестве отдельного сектора выделяется сектор производства торгуемых отечественных товаров за исключением энергоносителей.

Достаточно стандартными рассуждениями о влиянии роста мировых цен на нефть на нефтеэкспортирующую экономику являются рассуждения в контексте «голландской болезни». Под «голландской болезнью» обычно понимается негативный эффект от укрепления национальной валюты на экономику, которое вызвано бумом в отдельном добывающем секторе. Бум в добывающем секторе может происходить, как за счет открытия новых высококорентабельных месторождений, так и за счет роста цен на продукцию данного добывающего сектора на мировом рынке.

Само укрепление национальной валюты непосредственно может происходить за счет притока иностранной валюты в экономику, что может вызвать падение номинального обменного курса (удорожание) отечественной валюты, и, соответственно, укрепление реального обменного курса. Но данный эффект в значительной мере определяется денежно-кредитной политикой в отечественной экономике и, например, полностью элиминируется при режиме фиксированного номинального обменного курса. Тем не менее, даже при фиксированном номинальном обменном курсе будет наблюдаться укрепление реального курса за счет инфляции цен в отечественной экономике, и тем быстрее, чем более гибкие цены.

Реальное укрепление обменного курса, в свою очередь, снижает конкурентоспособность отечественных товаров, особенно торгуемых товаров кроме энергоносителей, так как они в большей мере конкурируют с иностранными товарами, как

на отечественном рынке, так и на внешнем рынке. Таким образом, в рамках эффекта «голландской болезни» будет наблюдаться падение выпуска торгуемых секторов кроме энергоносителей при росте мировых цен на нефть.

Но рассуждение о влиянии укрепления реального обменного курса на торгуемый сектор кроме энергоносителей во время роста мировых цен на нефть достаточно условно. Оно скрывает за собой целую цепочку механизмов, которые в результате приводят к данному укреплению курса и падению торгуемого сектора кроме энергоносителей. В рамках настоящей модели из-за роста доходов во время повышения цен на нефть происходит рост спроса на все товары. Торгуемый сектор за исключением энергоносителей, в отличие от неторгуемого, в большей степени конкурирует с иностранными товарами и не может сильно изменить свои цены. Что приводит к отвлечению ресурсов из торгуемого сектора за исключением энергоносителей в пользу более доходного неторгуемого сектора. И, таким образом, будет наблюдаться рост неторгуемого и падение торгуемого сектора за исключением энергоносителей. Более детально соответствующие механизмы будут описаны при анализе функций импульсного отклика.

В дальнейшем для краткости будем называть торгуемый сектор за исключением энергоносителей просто «торгуемым сектором», что согласуется с введенными определениями модели. С концептуальной точки зрения, энергоносители также являются торгуемыми товарами, но они в модели выделяются в отдельную товарную группу «нефть».

На рисунке 2 представлены функции импульсного отклика основных макроэкономических переменных в ответ на 10-процентный рост мировых цен на нефть в базовой версии модели. Временной период по оси X соответствует одному кварталу. Ось Y отражает процентное отклонение соответствующей переменной от долгосрочного равновесия. Счет текущих операций измеряется как отношение к номинальному ВВП в процентах.

Рост мировых цен на нефть фактически является трансфертом богатства из внешнего мира экономическим агентам отечественной экономики, который распределяется между государством и домашними хозяйствами. При этом, так как шок мировых цен является временным, домохозяйства часть своего дополнительного дохода сберегают для сглаживания потребления во времени, а оставшуюся часть тратят на потребление. Рост расходов государства и домашних хозяйств на конечное потребление товаров и услуг соответствует росту агрегированного спроса в экономике.

Данное увеличение совокупного спроса приводит к росту реального ВВП на 0.5% в течение первого года, после чего реальный ВВП постепенно приходит к начальному долгосрочному уровню. Реальные инвестиции в первый период времени увеличиваются на 1%, и этот рост достигает максимума в 2.7% примерно через 1.5 года. Потребление домашних хозяйств также имеет куполообразный отклик с изначальным ростом в 0.5% и максимумом в 1.2%. Куполообразный отклик потребления домохозяйств обусловлен привычками в потреблении, а инвестиций — временем на установку капитала. Рост агрегированного спроса непосредственно ведет к росту спроса на все факторы производства со стороны фирм. В частности увеличивается спрос на труд, что оказывает повышающее давление на реальные заработные платы.

Дополнительное повышающее давление на заработные платы происходит из-за роста потребления домашними хозяйствами и соответствующего эффекта дохода на предложение труда, который сокращает предложение труда при каждой реальной заработной плате. Использовать термин предложение труда в рамках предпосылок настоящей модели не совсем корректно, так как на рынке труда с монополистической конкуренцией не существует кривой предложения труда, а домохозяйства принимают решение о номинальных заработных платах, исходя из соответствующих задач максимизации.

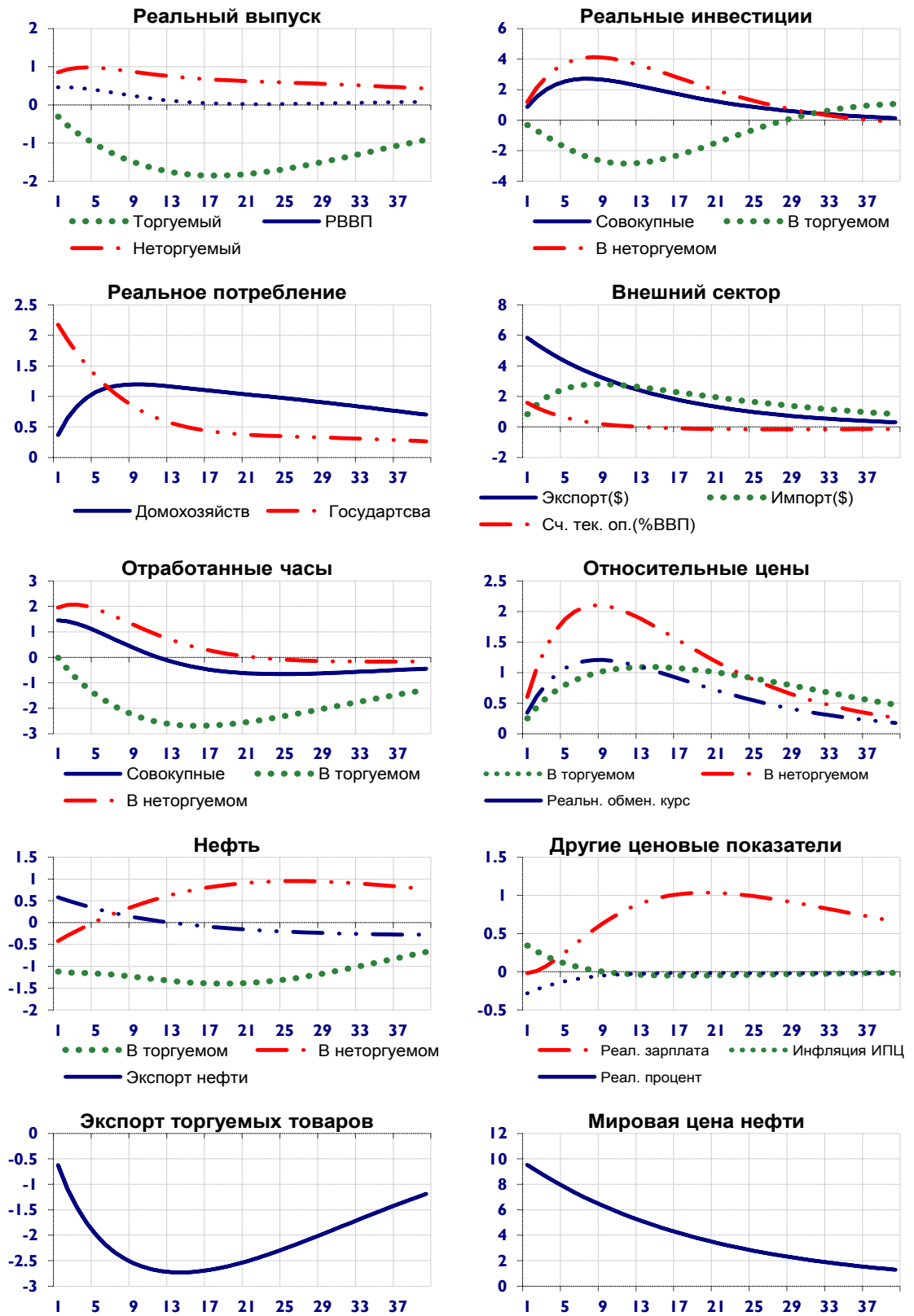


Рисунок 2. Функции импульсного отклика на 10% рост мировых цен на нефть

Таким образом, наблюдается повышающее давление на реальные заработные платы, как со стороны предложения, так и со стороны спроса на рынке труда. Но рост реальных заработных плат происходит постепенно, что обуславливается издержками на изменение номинальных заработных плат у домохозяйств. Так как заработная плата является одной из статей расходов фирм, данное повышение оказывает повышающее давление на предельные издержки фирм. С другой стороны, рост мировых цен на нефть ведет к некоторому росту цен на нефть на внутреннем рынке. И, соответственно, происходит повышение цены другого фактора производства - энергии. Что оказывает дополнительный вклад в повышение предельных издержек фирм. Но данный вклад не является таким значительным из-за наличия таможенной пошлины, с помощью которой изымается большая часть прироста мировых цен на нефть.

В ответ на рост предельных издержек фирмы вынуждены поднимать цены на свою продукцию. Таким образом, наблюдается рост цен товаров торгуемого и неторгуемого производственных секторов экономики. Здесь не наблюдается резкого скачка цен в связи со специфицированным в модели механизмом ценообразования по Ротембергу. В связи с чем, цены в торгуемом и неторгуемом секторе по отношению к импортным товарам демонстрируют куполообразный отклик. Пик роста цен в неторгуемом секторе составляет 2.5% через два года, а пик роста цен в торгуемом секторе составляет 1% через три года. Таким образом, наблюдается укрепление национальной валюты.

Данный рост предельных издержек и цен оказывает отрицательный эффект на выпуск торгуемого сектора. Что происходит из-за того, что торгуемые товары в большей мере конкурируют с импортными товарами по сравнению с товарами неторгуемого сектора. Так, любой рост цен на торгуемые товары сопряжен с падением внешнего спроса, которое соответствует сдвигу вдоль кривой внешнего спроса. Как следует из графиков, низшая точка падения экспорта торгуемых товаров демонстрирует падение в 2.5% через 3 года.

На внутреннем же рынке наблюдается рост агрегированного спроса на торгуемый товар. Но большая часть спроса сконцентрирована в неторгуемом секторе, так как основной составляющей государственного потребления являются неторгуемые товары. И, соответственно, расширение агрегированного спроса на внутреннем рынке ввиду большой степени конкуренции отечественных торгуемых товаров с импортными товарами не может компенсировать рост цен данного продукта. Таким образом, наблюдается падение выпуска торгуемого сектора порядка 1.5% в среднесрочной перспективе.

При падении выпуска торгуемого сектора наблюдается сокращение всех используемых факторов производства в данном секторе и перераспределение их в пользу производства неторгуемых товаров. Так, глубина падения отработанных часов составляет порядка 2.5% в среднесрочной перспективе, а использованной энергии — 1.3%. В свою очередь, снижение использования труда и энергии снижает поток будущих предельных продуктов капитала, что оказывает отрицательное влияние на теневую цену капитала. А превышение цены инвестиционного товара над теневой ценой капитала ведет к снижению инвестиций в торгуемом секторе. Таким образом, глубина падения инвестиций составляет порядка 3% в среднесрочной перспективе.

Диаметрально противоположные эффекты наблюдаются в неторгуемом секторе. Так как данный сектор в меньшей степени конкурирует с импортными товарами, рост спроса в неторгуемом секторе компенсирует рост цен в связи с увеличением предельных издержек. И выпуск данного сектора растет на 1% в среднесрочной перспективе. Рост выпуска сопровождается ростом отработанных часов в неторгуемом секторе, который происходит как за счет роста совокупных отработанных часов в экономике, так и их перераспределения из торгуемого сектора в пользу неторгуемого сектора. Количество использованной нефти в неторгуемом секторе демонстрирует краткосрочное падение, что может объясняться замещением нефти трудом в период, пока цены на нефть еще высоки,



а заработные платы еще не выросли так значительно. В дальнейшем же наблюдается рост объема использованной нефти в неторгуемом секторе.

В свою очередь, рост отработанных часов и рост объема использованной нефти в среднесрочной перспективе повышает поток предельных продуктов капитала во времени, что оказывает положительное воздействие на теневую цену капитала в неторгуемом секторе. Ее превышение над ценой инвестиционного товара ведет к инвестиционному буму в неторгуемом секторе. Здесь также наблюдается некоторое положительное воздействие на инвестиции из-за присутствия импортных товаров в агрегированных инвестициях, как для неторгуемого сектора, так и для торгуемого сектора. Рост цен на отечественные товары сопровождается меньшим ростом цен на инвестиционные товары, так как некоторая доля последних состоит из импортных благ, цены на которые не изменяются.

Таким образом, если рассмотреть ситуацию неизменного физического предельного продукта капитала, номинальный предельный продукт капитала, под которым будем понимать произведение физического предельного продукта на цены рассматриваемой товарной группы, растет в большей мере, чем цены на инвестиционные товары. Это при прочих равных соответствует большему росту теневой цены капитала по сравнению с ценой инвестиционного блага. Данный эффект стимулирует инвестиции. Результирующий же эффект определяется направлением изменения физического продукта капитала. Так, в случае неторгуемого сектора он рос, а в случае торгуемого сектора он падал.

Следует обратить особое внимание, что рассматриваемые изменения в выпуске обусловлены именно изменением степени использования факторов производства. При этом в рамках модели не происходит никакого изменения в совокупной факторной производительности. В реальности же достаточно сложно измерить степень загрузки используемых факторов в производственном процессе (см., например, Burnside et al., 1996; Cochrane, 1994; Paquet and Robidoux, 2001), и в связи с ошибками измерения шоки цен на нефть, как и другие нетехнологические экзогенные возмущения, могут включаться в оцененную совокупную факторную производительность. В данном случае возможна ситуация, когда соответствующие изменения в совокупной факторной производительности будут трактоваться как технологические изменения, несмотря на то, что в действительности таковых могло и не наблюдаться.

Что касается показателей внешней торговли, то счет текущих операций является положительным в течение первых двух лет с изначальным ростом в 2% к ВВП, после чего становится отрицательным. Положительная динамика счета текущих операций в краткосрочном периоде объясняется сглаживанием потребления домашних хозяйств во времени. Данный эффект усиливается за счет привычек в потребление, которые обуславливают дополнительную инерционность в потреблении. Таким образом, в течение первых двух лет происходит накопление чистых иностранных активов. После чего счет текущих операций становится отрицательным, и домохозяйства расходуют на потребление накопленные активы. Совокупный экспорт в долларовом выражении растет на 7% в первый период времени, после чего начинает асимптотически выходить на долгосрочный уровень. Данная динамика в основном обусловлена динамикой мировых цен на нефть, несмотря на падение экспорта других (помимо нефти) торгуемых товаров. Импорт же демонстрирует куполообразный отклик. Что обусловлено куполообразным откликом реального потребления и инвестиций.

В заключение описания функций импульсного отклика отметим основные результаты проведенного численного имитационного анализа. Рост мировых цен на нефть приводит к росту деловой активности в отечественной экономике. Происходит рост агрегированного выпуска, потребления и инвестиций. Также наблюдается продолжительный профицит счета текущих операций, отток капитала и значительное увеличение импорта отечественной экономики. Так как данные численные симуляции построены при предположении, что центральный банк препятствует удорожанию

отечественной валюты при росте цен на нефть, что может происходить за счет интервенций на валютном и денежном рынке, наблюдается значительная инфляция в отечественной экономике и постепенное укрепление реального обменного курса.

Наблюдаются признаки «голландской болезни». Рост мировых цен на нефть приводит к значительному падению выпуска и экспорта отечественных торгуемых товаров за исключением энергоресурсов. Происходит отток ресурсов из данного сектора в более высокодоходный неторгуемый сектор. Таким образом, рост реального ВВП обусловлен именно ростом сектора производств неторгуемых товаров.

Можно привести аргументы против полученных результатов, а именно: в течение 2000-х гг., когда наблюдался рост цен на нефть, производство промышленного сектора также показывало значительный рост. Но данные численные симуляции построены при предположении, что экономику выводит из равновесия только шок цен на нефть в предположении отсутствия других экзогенных возмущений.

Одной из гипотез для объяснения данного факта является то, что в России в этот период времени наблюдался значительный рост производительности за счет технологического прогресса, как в торгуемом, так и в неторгуемом секторе, что компенсировало негативный эффект на промышленный сектор. В настоящей работе мы придерживаемся классу моделей экзогенного экономического роста и не будем детально описывать возможные факторы данного технологического изменения. Технологический рост мог наблюдаться, например, за счет заимствования и имитации иностранных технологий.

Наряду с рассматриваемым ростом производительности возможным объяснением того, что «голландская болезнь» не проявлялась, является восстановительный рост после трансформационного спада, который согласуется с постепенным ростом загрузки производственных мощностей в 2000-е годы. Также значительно снижающей негативный эффект от роста мировых цен на нефть на торгуемый сектор за исключением энергоносителей может являться невысокая мобильность трудовых ресурсов между отдельными секторами экономики, которая не учитывается в настоящей модели.

С другой стороны, стоит также рассматривать первоисточники роста цен на нефть. Так, например, если первоисточником был значительный экономический рост и, соответственно, рост производительности в мировой экономике, в частности в Китае, что могло повышать предельные продукты всех факторов производства и увеличивать на них спрос. И данный источник мог стимулировать совокупный спрос в мировой экономике, как на ресурсы, так и на ряд промышленных товаров, включая товары российского производства, в том числе другие ресурсные, неэнергетические статьи отечественного экспорта. Гипотеза о том, что значительный рост мировых цен на нефть в течение 2000-х гг. обусловлен, прежде всего, ростом мирового спроса, согласуется с работой Килиана (Kilian, 2009), в которой проводилась эконометрическая оценка факторов изменения мировых цен на нефть.

В работе Килиана (Kilian, 2009) проводилась структурная декомпозиция реальных цен на нефть по трем шокам: шоки со стороны предложения на мировом рынке нефти, шоки мирового спроса на все промышленные товары и специфические шоки спроса на рынке нефти, такие как изменения спроса на нефть из-за мотива предосторожности. Одним из результатов работы является то, что наблюдавшийся значительный рост мировых цен после 2003 года был вызван в основном шоками мирового спроса на все промышленные товары. Следовательно, расширение мирового спроса могло компенсировать негативный эффект на российский торгуемый сектор от роста мировых цен на нефть.

Таким образом, в рамках настоящей модели ситуацию роста мировых цен на нефть, причиной которого был рост мирового спроса, следует рассматривать как одновременный шок изменения цен на нефть и спроса на торгуемые отечественные товары за исключением энергоносителей со стороны внешнего сектора.

Для некоторой демонстрации описанных выше гипотез рассмотрим сценарий, в рамках которого происходит одновременное увеличение мировых цен на нефть, внешнего спроса на отечественные торгуемые товары за исключением энергоресурсов и совокупной факторной производительности в торгуемом и неторгуемом секторах экономики. В данном численном имитационном анализе будем предполагать, что рассматриваемые шоки являются перманентными, чтобы одновременно продемонстрировать способность модели работать с перманентными изменениями экзогенных переменных. При численной имплементации данного сценария предполагается, что экономические агенты знают с достоверностью будущие траектории рассматриваемых экзогенных переменных, что, несомненно, является сильно ограничивающей предпосылкой, так как не учитывает риски.

Динамические функции импульсного отклика представлены на рисунке 3. Сплошная линия соответствует ситуации, в которой происходит только рост мировых цен на нефть на 30%. Средние экспортные цены сырой нефти Российской Федерации с 1-го квартала 2000 г. по 3-ий квартал 2008 г. увеличились примерно в 5 раз. Конечно, данное увеличение было постепенным и не являлось одномоментным шоком на мировом рынке нефти. С другой стороны, с 3-го по 4-ый квартал 2008 г. падение цены составило порядка 40%. В данном иллюстративном эксперименте мы полагаем, что 30-процентное изменение цены является некоторым промежуточным, экономически интерпретируемым вариантом для анализа.

Точечная линия соответствует ситуации, в которой в дополнение к росту мировых цен наблюдается рост совокупной факторной производительности в торгуемом и неторгуемом секторах на 7.5%. Данное значение выбрано, чтобы продемонстрировать границу перехода, при которой рост производительности компенсирует отрицательный эффект роста мировых цен на торгуемый сектор в среднесрочной перспективе. Штриховая линия соответствует ситуации, когда в дополнение к предыдущим двум шокам наблюдается рост внешнего спроса на отечественные торгуемые товары на 15%.

Повышение совокупной факторной производительности соответствует снижению предельных издержек фирм, что улучшает конкурентоспособность производителей отечественной продукции. Рост СФП на 7.5% компенсирует негативный эффект на выпуск отечественного торгуемого сектора. Так, выпуск торгуемых товаров демонстрирует рост в течение первых трех лет после реализации шока. В долгосрочной перспективе рост выпуска торгуемого сектора приблизительно равен нулю. Чтобы компенсировать негативный эффект от роста мировых цен на нефть на экспорт торгуемых товаров увеличения СФП на 7.5% недостаточно — через 1.5 года после реализации шока наблюдается падение экспорта.

Рост внешнего спроса оказывает дополнительный положительный эффект на торгуемый сектор. И в случае перманентных изменений экзогенных переменных, если в дополнение к росту производительности и цен на нефть происходит рост внешнего спроса на отечественные торгуемые товары на 15%, то наблюдается рост выпуска и экспорта торгуемых товаров, как в краткосрочной, так и в среднесрочной перспективе. Также рост внешнего спроса приводит к дополнительному укреплению национальной валюты.

Таким образом, в рамках имитационного анализа модель способна воспроизводить одновременный рост мировых цен на нефть, экспорта и выпуска торгуемых товаров, реальное укрепление национальной валюты, что на качественном уровне согласуется с динамикой российских макроэкономических переменных в 2000-е годы. Актуальной является задача, воспроизвести развитие экономики России в данный период времени с помощью некоторой последовательности описанных выше шоков, что является объектом дальнейших исследований.

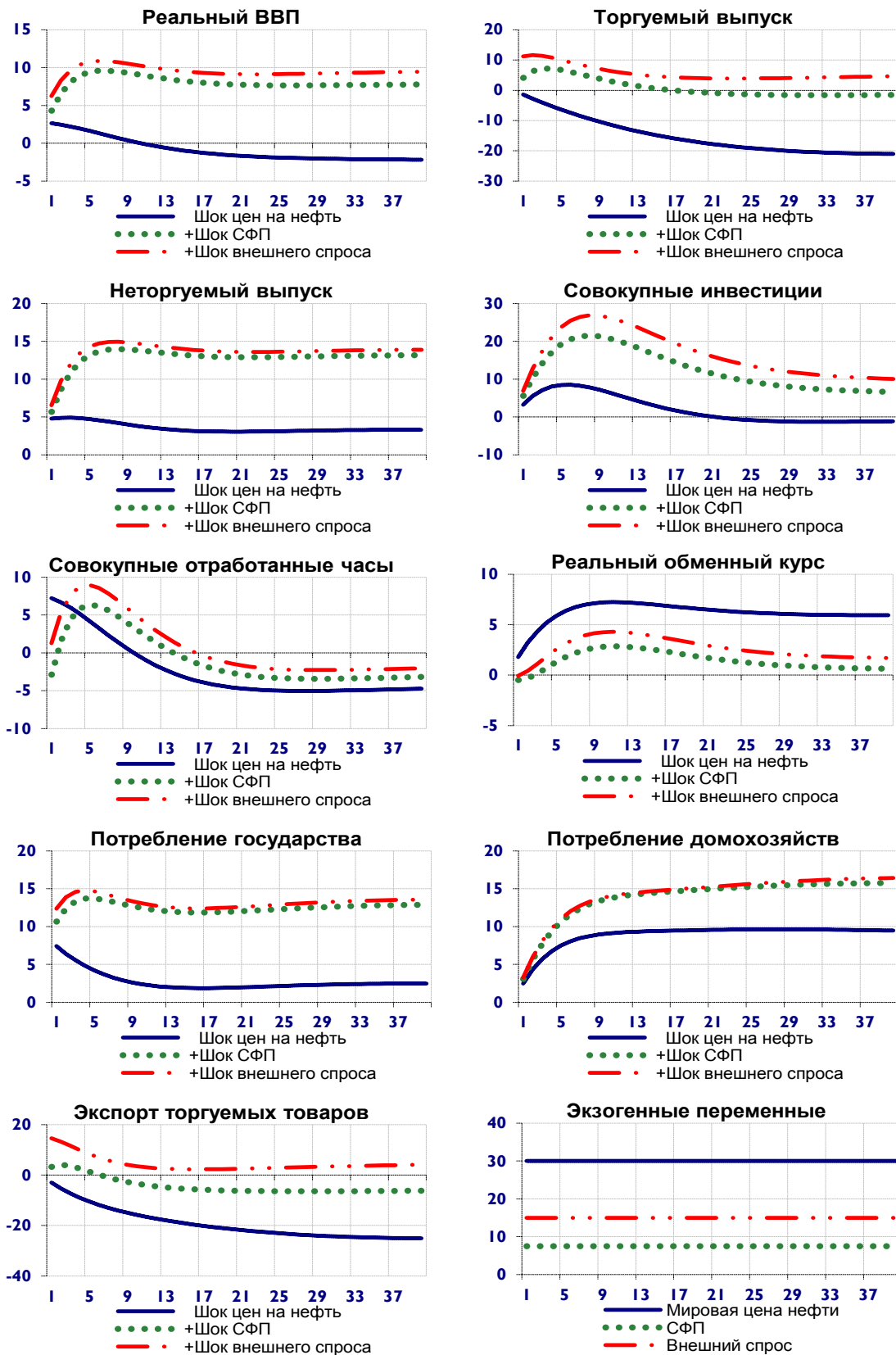


Рисунок 3. Перманентный рост мировых цен на нефть (30%), производительности (7.5%) и мирового спроса (15%) на отечественные торгуемые товары.

### 3. Оценка вклада внешних шоков в экономический спад во время кризиса 2008 года

В настоящей части работы мы задаемся вопросом, насколько внешнеэкономические шоки обуславливали экономический спад в российской экономике во время кризиса 2008 года. В качестве внешних факторов, имеющих потенциально высокую степень значимости в объяснении кризиса, мы выделяем падение мировых цен на нефть, падение мирового спроса на отечественные торгуемые товары за исключением энергоресурсов и рост премии за риск к вложениям в отечественные активы. В качестве мировых цен на нефть использовался временной ряд цен на нефть марки Brent, в качестве премии за риск — временной ряд индекса EMBI+ Россия спрэд. Ввиду того, что для переменной мирового спроса на отечественные торгуемые товары за исключением энергоресурсов сложно получить качественные прокси переменные, данный показатель трактовался как латентная переменная.

Также мы делаем попытку учесть реакцию Центрального Банка на реализацию рассматриваемых шоков. Номинальный обменный курс в модели трактовался в качестве экзогенной переменной, динамика которой описывается стохастическим процессом в виде случайного блуждания. Данное предположение является критичным упрощением ввиду сложности описания политики центрального банка российской экономики с помощью некоторых инструментальных правил политики, учитывающих эндогенную реакцию денежно-кредитных властей на ситуацию в экономике. Что особенно затруднено при вероятной несимметричной реакции Банка России на положительные и отрицательные шоки экономики. Данная спецификация, в целом, позволяет более гибко моделировать рассматриваемую переменную и, например, проводить анализ одновременного падения мировых цен на нефть и девальвации рубля, что и наблюдалось во время кризиса 2008 года. Но при данной спецификации необходимо достаточно осторожно интерпретировать влияние шока денежно-кредитной политики. В качестве переменной номинального обменного курса использовался временной ряд номинального эффективного курса рубля.

В качестве базисного периода, который в модели трактовался как «долгосрочное равновесие» и в отклонениях от которого рассматривалась динамика макроэкономических переменных, был выбран 1-ый квартал 2008 года. Несомненно, данный период достаточно сложно назвать «долгосрочным равновесием». Но с другой стороны, при численной имплементации настоящего эксперимента проводилась линеаризация модели до первого порядка, в рамках которой динамика экономической системы представима в виде векторной авторегрессии, и, соответственно, порождаемые траектории влияния шоков на экономику накладываются аддитивно друг на друга, в том числе и на исходную траекторию экономической системы без реализации негативных шоков во время кризиса 2008 года. Таким образом, выбор 1-го квартала 2008 года в качестве базового периода является достаточно адекватной предпосылкой для реализации поставленной задачи.

Как было отмечено выше, в настоящем численном имитационном анализе рассматривается четыре «экзогенных» переменных: мировые цены на нефть марки Brent, индекс EMBI+ Россия спрэд, мировой спрос на отечественные торгуемые товары за исключением энергоресурсов, номинальный эффективный обменный курс рубля. Предполагается, что динамика первых трех переменных описывается в виде стационарных AR(1) процессов с коэффициентами автокорреляции равными 0.95, динамика четвертой переменной — случайным блужданием. Соответственно, значения шоков данных переменных можно получить, используя остатки в специфицированных уравнениях. Но переменная мирового спроса на отечественный торгуемый товар является ненаблюдаемой, и шоки внешнего спроса были восстановлены (по аналогии с процедурой фильтра Калмана) из ограничения, при котором динамика реального экспорта торгуемых товаров за исключением энергоресурсов в модели при условии реализации остальных трех шоков равна фактическому реальному экспорту за исключением энергоресурсов.

На рисунках 4, 5, 6 изображена динамика реального ВВП, реального потребления домохозяйств и реальных инвестиций в процентных отклонениях от первого квартала 2008 года. Красная линия соответствует фактическим<sup>2</sup> временным рядам, синяя линия соответствует временным рядам, которые порождаются моделью. Также на графиках представлена историческая декомпозиция вклада рассматриваемых шоков в динамику соответствующих переменных. Вклад шока «экзогенной» переменной следует понимать в том смысле, какова бы была динамика реального ВВП и других эндогенных переменных при условии того, что остальные экзогенные переменные были бы неизменными в течение рассматриваемого периода времени.

Как следует из графиков, порождаемые моделью траектории достаточно хорошо могут приблизить фактическую динамику макроэкономических переменных. Что может свидетельствовать в пользу того, что негативный шок внешнеэкономических условий был основной движущей силой экономического спада во время кризиса 2008 года и что внутренние факторы занимали не такое значительное место. Если же говорить более строго, то в рамках предлагаемой теоретической модели гипотеза о том, что внешнеэкономические шоки были основным фактором экономического спада во время кризиса 2008 года, достаточно хорошо согласуется со статистическими данными. В целом же могут существовать альтернативные теоретические концепции, которые придают различную значимость тем или иным шокам в качестве основных источников делового цикла.

Рассмотрим вклад шоков в динамику реального ВВП. Как следует из графиков, если бы Центральный Банк не провел девальвацию обменного курса во время кризиса 2008 года, то падение выпуска в среднем в 2009 году было бы на 5% больше по сравнению с фактическим. Также следует отметить, что вклад шока падения мирового спроса на отечественный торгуемый товар за исключением энергоресурсов сопоставим по порядку величины и даже несколько превышал вклад шока падения мировых цен на нефть. Что обусловлено, как прямыми эффектами за счет падения реального экспорта, так и косвенными эффектами за счет снижения инвестиционного спроса из-за снижения доходности от инвестиций в торгуемом отечественном секторе, снижения доходов экономических агентов и соответствующего снижения спроса на неторгуемые товары. Таким образом, настоящий имитационный анализ в некоторой степени ставит под сомнение распространенную точку зрения о том, что мировая цена на нефть является определяющим фактором реального ВВП российской экономики.

---

<sup>2</sup> Предварительно перед проведением численного имитационного анализа из всех временных рядов была удалена сезонная составляющая с помощью фильтра X-12-ARIMA в статистическом пакете Eviews.

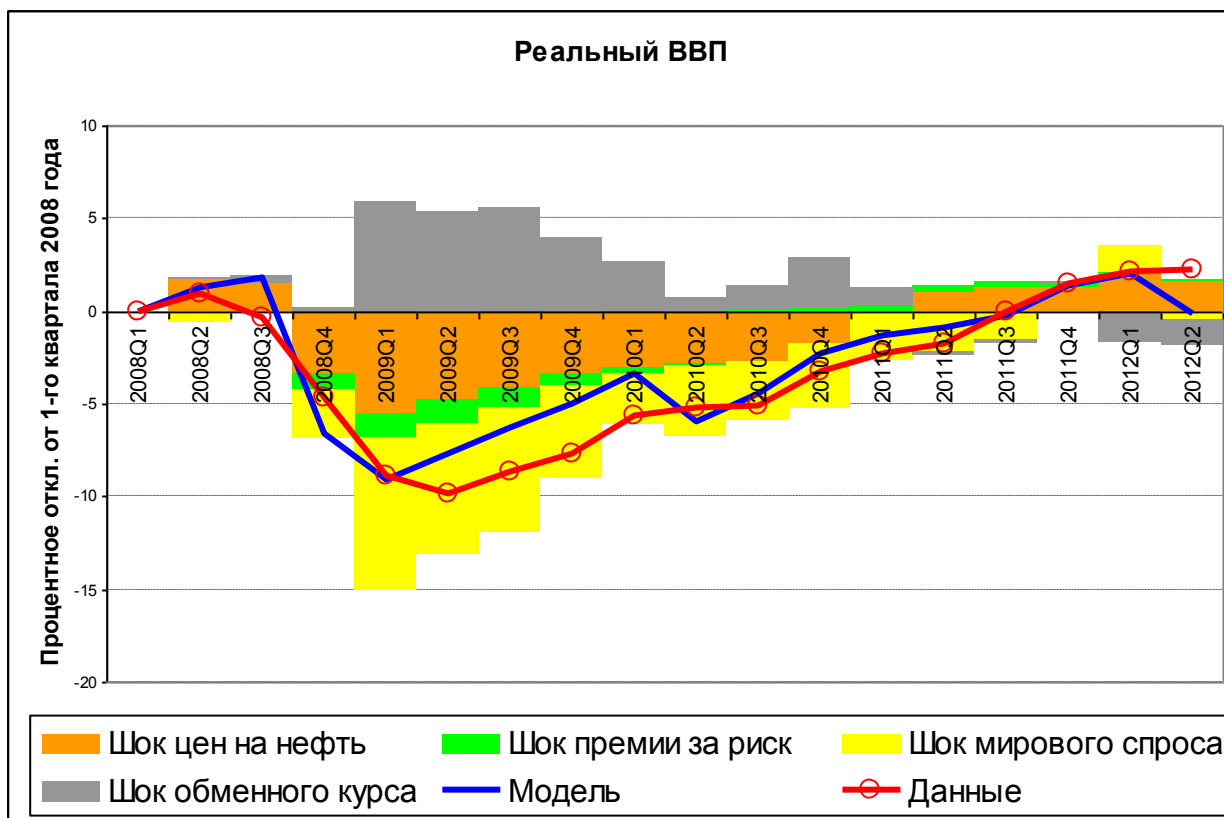


Рисунок 4. Историческая декомпозиция вклада шоков в динамику реального ВВП

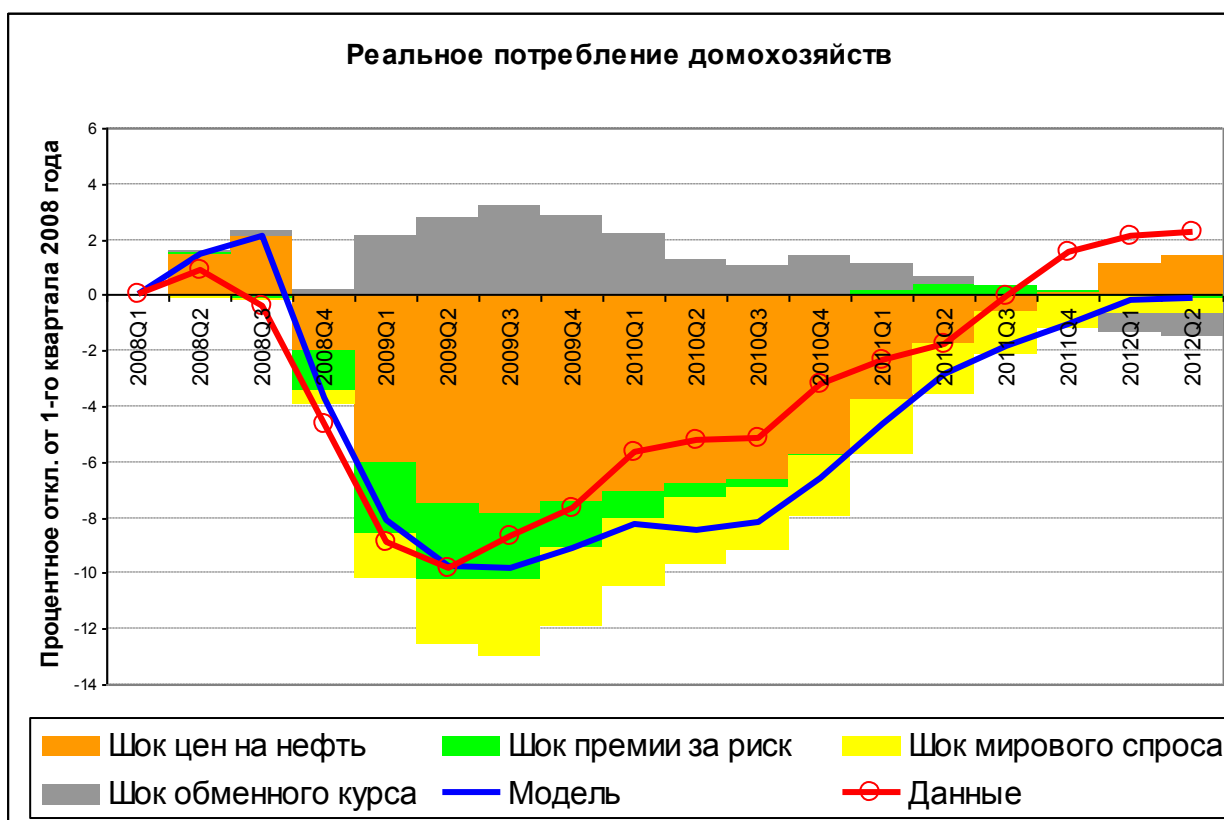


Рисунок 5. Историческая декомпозиция вклада шоков в динамику реального потребления домохозяйств

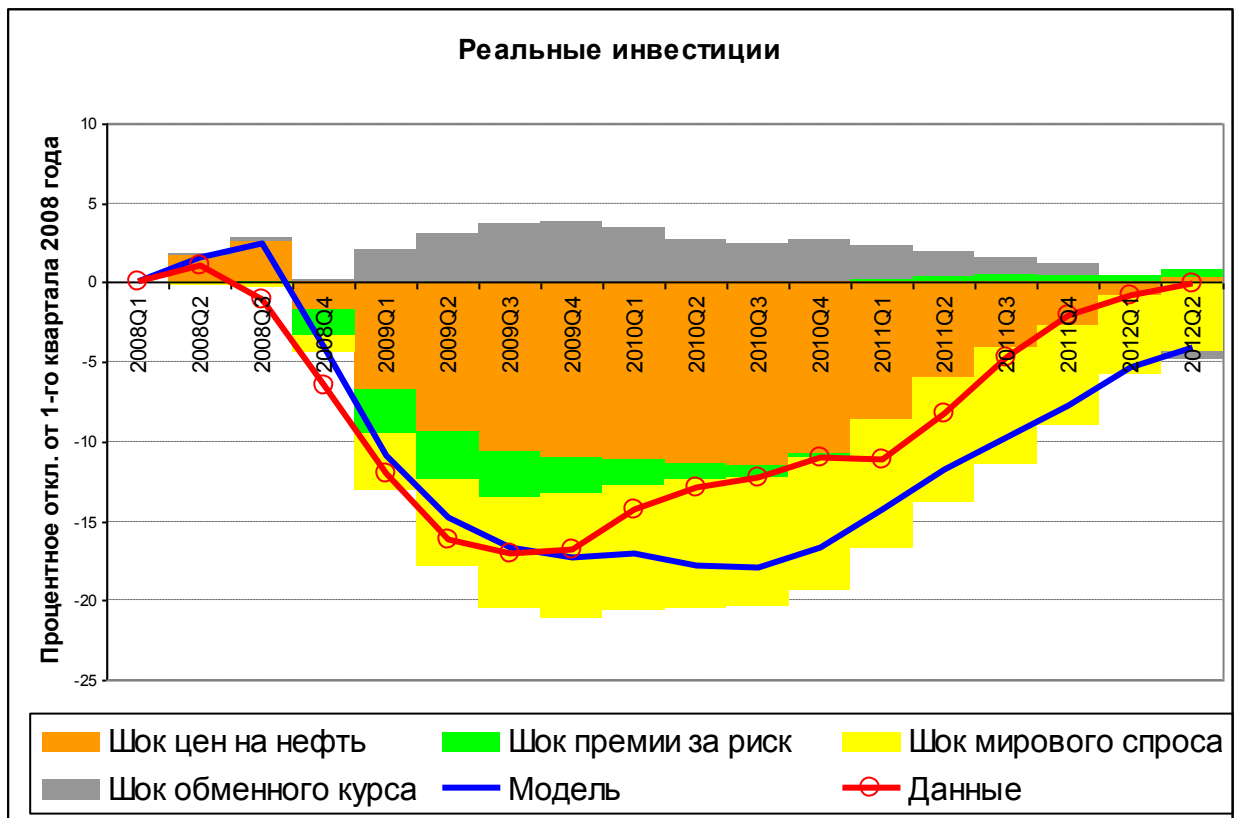


Рисунок 6. Историческая декомпозиция вклада шоков в динамику реальных инвестиций



## Список литературы

1. Adolfson, M., Laseen, S., Linde, J., Villani, M., 2007. Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics* 72 (2), 481-511.
2. Adolfson, M., Laseen, S., Linde, J., Villani, M., 2008. Evaluating an estimated new Keynesian small open economy model. *Journal of Economic Dynamics and Control* 32 (8), 2690-2721.
3. Altig, D., Christiano, L. J., Eichenbaum, M., Linde, J., 2011. Firm-specific capital, nominal rigidities and the business cycle. *Review of Economic Dynamics* 14 (2), 225-247.
4. Backus, D. K., Crucini. M. J., 2000. Oil prices and terms of trade. *Journal of International Economics* 50, 185-213.
5. Berndt, E. R., Wood, D. O., 1975. Technology, prices, and the derived demand for energy. *Review of Economics and Statistics* 57 (3), 259-268.
6. Berndt, E. R., Wood, D. O., 1979. Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity. *American Economic Review* 69 (3), 342-354.
7. Bils, M., Klenow, P., 2004. Some evidence on the importance of sticky prices. *Journal of Political Economy* 112, 947-985.
8. Calvo, G. A., 1983. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics* 12, 383-398.
9. Carlstrom, C. T., Fuerst, T. S., 2006. Oil price, monetary policy, and counterfactual experiments. *Journal of Money, Credit and Banking* 38 (7), 1945-1958.
10. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., Evans, C., 2005. Nominal rigidities and the dynamic effect of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy* 113 (1), 1-45.
11. Christoffel, K., Coenen, G., Warne, A., 2008. The New Area-Wide Model of the Euro Area: a micro-founded open-economy model for forecasting and policy analysis. ECB Working Paper 944.
12. de Walque, G., Smets, F., Wouters, R., 2006. Firm-specific production factors in a DSGE model with Taylor price setting. *International Journal of Central Banking* 2 (3), 107-154.
13. Erceg, C. J., Guerrier, L., Gust, C., 2006. SIGMA: a new open economy model for policy analysis. *International Journal of Central Banking* 2 (1), 111-144.
14. Finn, M.G., 2000. Perfect competition and the effects of energy price increases on economic activity. *Journal of Money, Credit and Banking* 32 (3), 400-416.
15. Golosov, M., Lucas, R. E., 2007. Menu costs and Phillips curves. *Journal of Political Economy* 115 (2), 171-199.
16. Griffin, J. M., Gregory, P. R., 1976. An intercountry translog model of energy substitution responses. *American Economic Review* 66 (5), 845-857.
17. Hayashi, F., 1982. Tobin's marginal q and average q: a neoclassical interpretation. *Econometrica* 50 (1), 213-224.
18. Hudson, E., Jorgenson, D., 1974. U.S. energy policy and economic growth, 1975-2000. *Bell Journal of Economics and Management Science* 5 (2), 461-514.
19. Jorgenson, D. W., 1963. Capital theory and investment behavior. *American Economic Review* 53, 47-56.
20. Kilian, L., 2009. Not oil price shocks are alike: disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review* 99 (3), 1053-1069.
21. Kim, I.-M., Loungani, P., 1992. The role of energy in real business cycle models. *Journal of Monetary Economics* 29, 173-189.
22. Klenow, P. J., Kryvtsov, O., 2008. State-dependent or time-dependent pricing: does it matter for recent U.S. inflation? *Quarterly Journal of Economics* 123 (3), 863-904.
23. Kydland, F., Prescott, E. C., 1982. Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica* 50 (6), 1345-70.

24. Kumhof, M., Laxton D., Muir D., Mursula S., 2010. The Global Integrated Monetary and Fiscal Model (GIMF) – theoretical structure. IMF Working Paper 10/34.
25. Lombardo, G., Vestin, D., 2008. Welfare implications of Calvo vs. Rotemberg-pricing assumptions. *Economic Letters* 100, 275-279.
26. Lucas, R. E., 1967. Adjustment costs and the theory of supply. *Journal of Political Economy* 75 (4), 321-334.
27. Lucas, R.E., 1976. Econometric policy evaluation: a critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 1, 19-46.
28. Modigliani, F., Miller, M. H., 1958. The cost of capital, corporate finance and the theory of investment. *American Economic Review* 48 (3), 261-297.
29. Modigliani, F., Miller, M. H., 1961. Dividend policy, growth, and the valuation of shares. *Journal of Business* 34 (4), 411-433.
30. Murchison, S., Rennison, A., 2006. ToTEM: the Bank of Canada's new quarterly projection model. *Bank of Canada Technical Report* 97.
31. Pesenti, P., 2008. The Global Economy Model: theoretical framework. *IMF Staff Papers* 55 (2), 243-284.
32. Roberts, J., 1995. New Keynesian economics and the Phillips curve. *Journal of Money, Credit and Banking* 27, 975-984.
33. Rotemberg, J., 1982. Sticky prices in the United States. *Journal of Political Economy* 90, 1187-1211.
34. Rotemberg, J., 1987. The new Keynesian microfoundations. *NBER Chapters*, in: *NBER Macroeconomic Annual 1987*, vol. 2, pp. 69-116.
35. Rotemberg, J., Woodford, M., 1996. Imperfect competition and the effects of energy price increases on economic activity. *Journal of Money, Credit and Banking* 28 (4), 549-577.
36. Smets, F., Wouters, R., 2003. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the Euro Area. *Journal of European Economic Association* 1 (5), 1123-1175.
37. Smets, F., Wouters, R., 2005. Comparing shocks and frictions in US and euro area business cycles: a Bayesian DSGE approach. *Journal of Applied Econometrics* 20 (2), 161-183.
38. Smets, F., Wouters, R., 2007. Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. *American Economic Review* 97 (3), 586-606.
39. Solow, J. L., 1987. The capital-energy complementarity debate revisited. *American Economic Review* 77 (4), 605-614.
40. Taylor, J., 1980. Aggregate dynamics and staggered contracts. *Journal of Political Economy* 88 (1), 1-24.
41. Woodford, M., 2003. *Interest and Prices: Foundation of Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press, Princeton.
42. Woodford, M., 2005. Firm-specific capital and the new-Keynesian Phillips curve. *International Journal of Central Banking* 1 (2), 1-46.