

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

на правах рукописи

Ощепков Иван Алексеевич

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В РФ НА ОСНОВЕ
ДИНАМИЧЕСКОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор физико-
математических наук,
профессор
Андрианов Дмитрий
Леонидович

Пермь 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
I. Теоретические аспекты прогнозирования макроэкономических процессов	14
1.1. Обзор методов макроэкономического моделирования	14
1.2. Динамические стохастические модели общего равновесия.....	26
1.3. Российский опыт использования динамических стохастических моделей общего равновесия	37
Выводы первой главы	42
II. Разработка краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики	44
2.1. Уравнения динамической стохастической модели общего равновесия	46
2.1.1 Уравнение для ВВП	46
2.1.2 Уравнение для ИПЦ.....	48
2.1.3 Уравнение для ожиданий экономических агентов	49
2.1.4 Уравнение для процентной ставки	50
2.1.5 Уравнение для валютного курса	53
2.1.6 Калибровка параметров уравнений динамической стохастической модели общего равновесия	62
2.2. Эконометрические уравнения.....	65
2.2.1. Уравнения для блока цен.....	65
2.2.2. Уравнения для реального сектора.....	67
2.2.3. Уравнения для домашних хозяйств	71
2.2.4. Уравнения для внешней торговли.....	72
2.2.5. Уравнения для банковского сектора	74
Выводы второй главы	76
III. Краткосрочное прогнозирование макроэкономических процессов России на основе DSGE-модели	78
3.1. Программное обеспечение модели	78

3.2. Верификация модели.....	84
3.3. Сценарные прогнозы и анализ чувствительности модели	86
Выводы третьей главы	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации (ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ).	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Институт экономических исследований» Министерства национальной экономики Республики Казахстан	117
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Прогноз»	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в образовательный процесс ФГБОУ ВО ПГНИУ	119

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В последнее время непрерывно возрастает роль прогнозирования макроэкономических процессов, которое позволяет разрабатывать, обосновывать, выбирать приоритетные направления экономической политики и оценивать последствия принятых решений при динамично меняющихся экономических условиях в национальном и глобальном масштабах. В связи с этим возрастает необходимость повышения точности макроэкономического прогнозирования на основе динамического стохастического моделирования, проведения сценарных расчетов, повышения качества научной обоснованности макроэкономических моделей и точности макроэкономических прогнозов.

Актуальность решению данной проблемы придает недостаточно высокий уровень точности макроэкономического моделирования в РФ из-за отсутствия учета ожиданий экономических агентов. Это приводит к игнорированию их реакции на государственное регулирование экономики и искажению прогнозных макроэкономических параметров.

В основу решения данной проблемы может быть положен математический аппарат моделирования динамического стохастического общего равновесия (DSGE). К сожалению, разработанные модели не в полной мере применимы к российским условиям из-за разницы в источниках и причинах инфляции, различных целей центральных банков, уровне вовлеченности населения в экономику. Кроме того, они опираются на концепцию рациональных ожиданий, предполагающую способность к абсолютному предвидению будущего развития событий всеми экономическими агентами; используют правила денежно-кредитной политики для описания поведения ЦБ развитых стран; применяют уравнение для расчёта реальной ставки процента, игнорирующее более высокий уровень российской инфляции в сравнении с иностранными развитыми экономиками.

В связи с этим остро встает проблема развития теоретико-методологических положений математического аппарата макроэкономического краткосрочного прогнозирования с помощью DSGE-моделей применительно к российским реалиям. Основой решения данной проблемы может послужить концептуально новый подход к DSGE-моделированию с адаптивными ожиданиями экономических агентов, учитывающий особенности национальной экономики России.

Степень разработанности проблемы

Разработкой прикладных макроэкономических моделей с использованием эконометрического, балансового, общеравновесного подходов занимались Ф. Кенэ [27], К. Маркс [37], В. В. Леонтьев [33], Ф. Модильяни [98], Л. Клейн [89], М. Фридмена [88], Л. Вальрас [7], К. Эрроу и Ж. Дебре [83], Р. Солоу [107], Р. Лукас [96] и другие.

Вклад в разработку отечественных прикладных моделей макроэкономики с использованием различных методов экономико-математического моделирования внесли А. Г. Гранберг [12], В. Л. Макаров [35], А. Р. Бахтизин [6], Г. Б. Клейнер [28], И. Г. Поспелов [57], С. А. Айвазян [2], Б. Е. Бродский [2], Р. М. Мельников [39].

Решению проблем макроэкономического моделирования посвящены труды представителей пермской школы экономико-математического моделирования: Д. Л. Андрианова [3,4], В.П. Максимова [3], П. М. Симонова [61], С. В. Русакова [77], Р. А. Файзрахманова [52].

Среди современных российских экономистов, внёсших вклад в анализ макроэкономической конъюнктуры национальной экономики, следует выделить В. В. Ивантера [21], С. Ю. Глазьева [11], Б. А. Замараева [17], Е. Т. Гурвича [31], К. В. Юдаеву [81], С. В. Дробышевского [15], С. В. Смирнова [64].

Вопросы прогнозирования макроэкономических показателей национальной экономики с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия проработаны и изложены в работах зарубежных и

российских авторов. К фундаментальным работам в этой области относятся работы Ф. Кюдланда и Е. Прескотта [95] в рамках теории реального бизнес-цикла. Развитием этих идей стали DSGE-модели, впервые предложенные М. Вудфордом и Дж. Ротембергом [105].

В настоящий момент DSGE-модели используются при разработке денежно-кредитной политики Центральными банками США [87], Канады [99], Великобритании [91], Швеции [82], Чили [97], Новой Зеландии [84] и других. Данные модели имеют кейнсианский микроэкономический фундамент, предполагающий постепенное приспособление цен в ответ на изменения в экономической конъюнктуре. Также важным элементом этих моделей являются рациональные ожидания, свидетельствующие об идеальном представлении всех экономических агентов в отношении истинных законов функционирования экономики. История построения DSGE-моделей в России насчитывает менее 10 лет. За это время работой в данных областях занимались С. М. Иващенко [22, 23], А. В. Полбин [55, 56], А. Г. Шульгин [71], О. А. Малаховская и А. Р. Минабутдинов [36]. Однако данные модели во многом повторяют зарубежные аналоги.

Таким образом, необходимость повышения точности макроэкономического прогнозирования и, как следствие, повышения качества макроэкономического регулирования за счёт развития динамических стохастических моделей общего равновесия обусловила цель, логику, структурное построение и содержание диссертационного исследования.

Объектом исследования является открытая национальная экономическая система России.

Предметом исследования являются процессы регулирования макроэкономических параметров в экономической системе России.

Основная гипотеза. Краткосрочное прогнозирование процесса регулирования макроэкономических параметров отечественной экономики в

месячной динамике возможно с помощью краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия с адаптивными ожиданиями.

Цели и задачи исследования

Целью данной работы является развитие экономико-математических методов моделирования динамического стохастического общего равновесия для прогнозирования макроэкономических процессов России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Теоретически обосновать необходимость развития DSGE-подхода для моделирования ожиданий экономических агентов национальной экономики России с учетом её специфики.

2. Построить математическую модель краткосрочного прогнозирования процесса регулирования макроэкономических параметров России в месячной динамике на базе теории динамического стохастического общего равновесия.

3. Разработать модель прогнозирования валютного курса, позволяющую учитывать частое изменение внешнеэкономической конъюнктуры на базе DSGE-моделирования, и, как следствие, повысить точность прогнозной оценки данного показателя, играющего важную роль в экономике России.

4. Создать специализированное программное обеспечение для прогнозирования макроэкономических показателей России с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия.

Теоретическая и методологическая основа исследования

Теоретическую и методологическую основу работы составляют фундаментальные положения в области макроэкономического моделирования и прогнозирования, моделирования динамического стохастического общего равновесия, получившие отражение в работах отечественных и зарубежных ученых.

Основные методы исследования. В ходе диссертационного исследования использовались методы макроэкономического анализа, статистического анализа, структурного и динамического анализа,

динамического стохастического моделирования общего равновесия, эконометрического моделирования, экспертные методы.

Информационной базой диссертационного исследования послужили данные экономической статистики Российской Федерации, опубликованные в открытых статистических источниках: информация о курсах валют, процентных ставках, объеме денежной массы Банка России; данные по месячным оценкам ВВП Министерства экономического развития; данные о состоянии сектора домашних хозяйств, реального и внешнего секторов Государственного комитета статистики РФ; данные о состоянии зарубежных экономик Международного Валютного Фонда. Были использованы следующие программные продукты: BI-платформа Prognoz Platform 7.2, case средство Visio, среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 и язык программирования C#, СУБД Microsoft SQL Server 2008.

Научные результаты, полученные автором, и их новизна:

1. На основе DSGE-подхода предложены новые уравнения, учитывающие правила денежно-кредитной политики, управление реальной ставкой процента и позволяющие проводить более глубокий анализ процесса регулирования макроэкономических параметров России благодаря учёту адаптивных ожиданий экономических агентов. В авторской модели, в отличие от существующих аналогов, использующихся в DSGE-моделях, в качестве целей денежно-кредитной политики учитываются и экономический рост, и стабильность валютного курса, и достижение низкой инфляции, а также нелинейная зависимость от инфляции, что позволяет учитывать высокие темпы роста цен в российской экономике (п. 1.8. – *Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграфы 2.1.1–2.1.4, стр. 46–53).

2. Разработана краткосрочная динамическая стохастическая модель общего равновесия экономики России, в отличие от существующих аналогов включающая уравнения, полученные с помощью эконометрических методов,

что позволило моделировать равновесные значения показателей на основе факторных, а не экстраполяционных зависимостей и, как следствие, повысить точность прогнозных оценок. В отличие от существующих моделей, авторская предусматривает не квартальные, а месячные данные ВВП, что позволяет повысить точность прогноза наступления кризисных событий (п. 1.3. – *Разработка и исследование макромоделей экономической динамики в условиях равновесия и неравновесия, конкурентной экономики, монополии, олигополии, сочетания различных форм собственности* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграфы 2.1.6, 2.2.1–2.2.5, глава 3, раздел 3.2, 3.3, стр. 62–76, 84–100).

3. Выведена качественно новая модель прогнозирования валютного курса доллара к рублю, основанная на паритете процентных ставок и рублевой цене на нефть, отличающаяся от существующих аналогов объединением различных подходов к прогнозированию валютных курсов, что позволяет более полно анализировать курсообразование на российском валютном рынке и повысить точность прогнозирования за счет учета большего числа факторов (п. 1.6. – *Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов* паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 2, параграф 2.1.5, стр. 53–62).

4. Разработан уникальный программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации», предназначенный для краткосрочного прогнозирования влияния мер экономической политики на ключевые макроэкономические параметры РФ на основе DSGE-моделей и включающий средства интеграции с базами данных, необходимыми для DSGE-моделирования, визуальные средства разработки и отладки DSGE-моделей, возможность проведения многовариантных расчетов и хранения их результатов (п. 2.6. – *Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения*

информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ) (глава 3, раздел 3.1, стр. 78–84).

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии теоретических положений, связанных с экономико-математическим моделированием национальной экономики на основе динамических стохастических моделей общего равновесия с адаптивными инфляционными ожиданиями. Результаты, полученные в работе, вносят вклад в решение важной народнохозяйственной проблемы повышения точности прогнозирования ключевых макроэкономических показателей, включая валовой внутренний продукт, индекс потребительских цен, валютный курс, ключевую ставку.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности:

– использования разработанного программного комплекса Центральным банком и Министерством экономики для анализа макроэкономических процессов и прогнозирования ключевых показателей экономического развития с учетом адаптивных инфляционных ожиданий и в условиях перехода к инфляционному таргетированию;

– применения разработанного программного комплекса АО «ПРОГНОЗ» для построения краткосрочного макроэкономического прогноза;

– использования полученных результатов высшими учебными заведениями в учебном процессе в дисциплинах «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрическое моделирование», «Основы системного анализа», «Общая теория систем», «Вычислимые модели общего экономического равновесия», «Анализ временных рядов».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 (государственный контракт №02.G25.31.0039).

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом и результатами аналитических исследований; обоснованным использованием общепризнанных методов математического моделирования макроуровня экономики; непротиворечивостью результатов расчетов макроэкономических показателей России с данными официальной статистики.

Ключевые положения диссертационного исследования были представлены на научных семинарах Лаборатории конструктивных методов исследования динамических моделей ПГНИУ (г. Пермь, 2014, 2015, 2016), на совместном семинаре ПГНИУ и НИУ ВШЭ «Perm Workshop on Applied Economic Modeling» (г. Пермь, 2015), на региональных научно-практических конференциях «Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения» (г. Пермь, 2014, 2015), международных научно-практических конференциях «Экономика и современный менеджмент: теория и практика» (г. Новосибирск, 2014), «Проблемы развития современной экономики» (г. Ставрополь, 2015), International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts SGEM (Albena, Bulgaria, 2015).

Разработанный при непосредственном участии автора программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации» зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам за номером 2015619154. Программный комплекс используется в компании «ПРОГНОЗ» для прогнозирования экономического развития РФ, а также для построения динамических стохастических моделей общего равновесия России, Казахстана, Таможенного союза и т.д.

Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе для преподавания дисциплин «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрическое моделирование», «Основы системного анализа», «Общая теория систем», «Вычислимые модели общего экономического равновесия», «Анализ временных рядов» на кафедре информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 11 работ объемом 7,38 п.л. (в том числе авторских 4,12 п.л.), из них в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК – 7 («Экономика и предпринимательство», «Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки», «Вестник Пермского университета. Серия: Экономика», «Управление экономическими системами: электронный научный журнал», «European Social Science Journal»).

Также по теме диссертационной работы зарегистрирован 1 программный код для ЭВМ.

Из результатов совместных работ в диссертацию включены только результаты, принадлежащие автору лично.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 119 страницах машинописного текста, состоит из введения, трёх глав, заключения, приложения, иллюстрирована 24 таблицами и 15 рисунками. Библиографический список содержит 109 наименования литературных источников, в том числе 81 отечественных, 28 зарубежных.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены цели и задачи исследования, раскрыты научная новизна и предмет исследования, отмечена практическая ценность работы.

В **первой главе** «Теоретические аспекты прогнозирования макроэкономических процессов» произведено исследование

макроэкономических процессов с точки зрения различных подходов к экономико-математическому моделированию, подробно проанализированы особенности, достоинства и недостатки DSGE-моделей, проведен анализ существующих российских DSGE-моделей.

Во **второй главе** «Разработка краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики», отталкиваясь от базовой DSGE-модели, предложена оригинальная краткосрочная DSGE-модель, учитывающая особенности экономики России. Обоснован переход от концепции рациональных ожиданий к адаптивным, использовано модифицированное правило Тейлора для описания поведения ЦБ, введено уравнение для моделирования реальной ставки процента в условиях высокой инфляции. Также предложен авторский алгоритм моделирования валютного курса.

В **третьей главе** «Краткосрочное прогнозирование макроэкономических процессов России на основе DSGE-модели» описан программный комплекс «ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации», проведена верификация разработанной DSGE-модели России, спрогнозировано экономическое развитие РФ на краткосрочную перспективу с применением авторской DSGE-модели.

В **заключении** содержатся основные выводы теоретического и практического характера.

В **приложении** представлены свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ» и справки о внедрении результатов диссертационной работы.

I. Теоретические аспекты прогнозирования макроэкономических процессов

1.1. Обзор методов макроэкономического моделирования

Макроэкономическое моделирование является мощным инструментом для понимания механизма функционирования экономики, прогнозирования будущих значений важнейших экономических показателей, изучения путей развития экономики в зависимости от различных сценариев. Однако неправильное применение этого инструментария может приводить к значительным негативным последствиям.

Например, широко известен случай, когда экономическими политиками прошлого века была предпринята попытка применить на практике возведённую в ранг теории эмпирически найденную Филлипсом отрицательную зависимость между инфляцией и безработицей [101]. В итоге в действительности стало наблюдаться высокое значение по обоим экономическим показателям.

Подобные ошибки случаются и в настоящее время. В 2013 году студент Массачусетского университета Херндон [92], перепроверяя модель [103] двух гарвардских профессоров Рогоффа и Райнхарта, засвидетельствовал ошибочность их эмпирически полученных выводов относительно того, что экономический рост государства существенно замедляется при преодолении размера государственного долга уровня 90% к ВВП. Студентом было показано, что рост ВВП стран с высоким госдолгом замедляется с 3,2 % до 2,2%, в то время как профессорами было показано падение ВВП до отрицательного экономического прироста равного -0,1%.

Однако основной проблемой во всей этой истории стало то, что первоначальные выводы профессоров были использованы политиками США и Европейского Союза на практике для резкого сокращения дефицита бюджета, что в итоге воплотилось в повысившемся уровне безработицы.

Подобные ошибки случаются из-за того, что экономисты зачастую довольствуются найденными в статистических данных закономерностями и не опираются в своих исследованиях на прочный теоретический фундамент.

Поэтому с целью определения подхода, который не только позволит избежать подобных ошибок, но и даст возможность отразить все особенности современной экономической системы, проведём анализ истории развития методов математического моделирования макроуровня экономики. Для этого рассмотрим эволюцию математических методов макроэкономического моделирования.

Основы современного представления о математических моделях заложил Ньютон, применив математику к задачам естествознания [44, с. 5]. После этого моделирование стало проникать и в другие науки, в том числе и в экономику. Происходит это с наступлением капитализма, обострившего до предела все общественные отношения. Не удивительно, что в это время учёные начинают более активно заниматься науками об обществе, в том числе и экономикой, пытаясь при этом искать аналогии в более развитых естественных науках.

Кроме этого, можно отметить, что в условиях невозможности постановки экспериментов и отсутствия массивов социально-экономической статистики для понимания механизма протекания экономических процессов использовалась концепция рационализма, предполагающая разум основой познания.

Первым опытом макроэкономического моделирования стала экономическая таблица Франсуа Кенэ [27], в которой хозяйственные процессы были представлены по аналогии с кровообращением (в это время Стивен Гейлс провел первые количественные измерения в данной сфере) в живом организме [24, с. 53].

По Кенэ перманентно повторяющийся кругооборот денег и продуктов представляет собой основу экономики: продукт, созданный разными

классами, в процессах распределения и обмена оказывается в пропорциях необходимых каждому классу для повторения своей деятельности.

Модель описывала взаимодействие 3 классов (секторов экономики): фермеров-арендаторов, ремесленников и торговцев, а также землевладельцев. Сформировавшиеся пропорции обмена обеспечивают устойчивость товарооборота и само существование классового деления общества. Равновесие в такой системе достигается естественным образом, без вмешательства государства, за счет свободы конкуренции и ценообразования [62, с. 32].

Учение Кенэ об естественных процессах, влияющих на экономическое развитие стало составной частью теории «невидимой руки» Адама Смита [65], согласно которой, в обществе действуют рыночный механизм с выраженной тенденцией к равновесию. Внутренние механизмы (стремление производителей к выгоде) приводят хаос к порядку: в экономике производятся лишь те товары, на которые предъявляется спрос.

Таким образом, можно видеть, как на основе модели были выведены элементы политэкономической теории Адама Смита. Таким образом, очевидно, что построение моделей приносит пользу для анализа экономических процессов и позволяет развивать экономическую теорию.

В след за Кенэ моделированием кругооборота общественного продукта занялся Карл Маркс, создав теорию воспроизводства [37]. В модели Маркса весь общественный продукт создаётся двумя секторами – производителями средств производства и производителями предметов потребления.

Маркс создал две версии модели. В первой версии модели – схеме простого воспроизводства – используется предпосылка о том, что общественный продукт постоянен в силу отсутствия чистых инвестиций. В таких условиях капиталисты забирают себе всю прибавочную стоимость. В модифицированной версии – схеме расширенного воспроизводства – Маркс вводит реинвестирование прибавочной стоимости.

В простом воспроизводстве ключевой предпосылкой является отсутствие чистых инвестиций и соответственно потребление капиталистами всей прибавочной стоимости. При расширенном воспроизводстве, наоборот, основным предположением является сбережение прибавочной стоимости в качестве источника для накопления капитала.

С помощью своих моделей, Маркс сделал вывод об угнетении капиталистами рабочего класса и предлагал использовать свои модели для осуществления планирования, что позволило бы избежать присвоения одним классом прибавочной стоимости, создаваемой другим.

В дальнейшем из схем воспроизводства Маркса появились модели межотраслевого баланса (МОБ, метод «затраты-выпуск»), с успехом применявшиеся в СССР, Японии и ряде западных государств. Основным отличием стало распространение идей Маркса на большее количество отраслей, использующих при своем производстве продукцию других отраслей.

Основные достижения в рамках межотраслевого баланса были сделаны советским эмигрантом, лауреатом Нобелевской премии – Василием Леонтьевым [33].

Важно отметить, что Леонтьев в своих исследованиях переходит с позиций рационализма к принципу единства теории и практики: с помощью эмпирических исследований он наполнил теоретические построения, полученные его предшественниками, реальным содержанием, поскольку по мере роста статистических данных у экономической науки появилась возможность соединения теории с фактами.

Применив свою уникальную таблицу межотраслевых связей для собранных им же беспрецедентных по масштабам данных об экономике США, он получил весьма точное описание американской экономики за целое десятилетие. Выполненная работа позволила корректировать развитие любой отрасли.

Большой интерес к работам Леонтьева был и на его исторической Родине – СССР [12]. Межотраслевые балансы были построены в стоимостном и натуральном выражениях с детализацией по отраслям и регионам. В итоге созданные модельные комплексы стали основой народнохозяйственного планирования СССР.

Макроэкономическое моделирование на Западе развивалось по другому пути.

Практически параллельно с марксизмом происходит зарождение и развитие маржинализма, главным достижением которого для макроэкономического моделирования является разработка теории общего экономического равновесия (ТОЭР).

Как известно, основу этой теории заложил Леон Вальрас [7] со своим математическим описанием экономики. В своей модели с помощью оптимизационных задач поведения рациональных агентов, взаимодействующих на рынках совершенной конкуренции, Вальрас комплексно описал процессы, происходящие в экономической жизни.

Математически для каждого потребителя задана функция спроса на товары при бюджетном ограничении; для каждого производителя – функция спроса на факторы производства при прибыли, равной нулю. Общим равновесием при таких условиях будут цены и количество товаров, уравнивающих функции спроса и предложения. Модель Вальраса определило развитие ТОЭР вокруг следующих проблем: существование рыночного равновесия, отсутствие необходимости государственного вмешательства, совершенство рынков, совершенство информации, абсолютное предвидение и рациональное поведение агентов, нейтральность денег [62, с. 34].

Явная нереалистичность данных предпосылок является одной из причин ухода западных экономистов от рационалистической модели Вальраса к эмпирическим моделям макроэкономики, ставящих во главу угла опыт, а не теоретические умозаключения.

Подтверждением несостоятельности маржинализма стала Великая Депрессия 1929-1933 гг. Теоретические идеи о само собой уравнивающемся рынке были опровергнуты практикой.

Кроме того, в 20-30-е годы в западной философии триумфально шествует позитивизм с его неперенным требованием эмпирической проверки теории. Также пример советской экономики показал возможность планирования, а, следовательно, и необходимость работы со статистическим материалом [48].

В связи с этим на Западе происходит переход от рационалистических моделей к эмпирическим: возникает кейнсианство (не смотря на теоретические заключения Кейнса [26] его идеи поддавались эмпирической проверке и количественной интерпретации). Математическим аппаратом для проверки теории на практике стала эконометрика, выработавшая соответствующий инструментарий. Сама эконометрика представляла собой науку, изучающую количественные и качественные экономические взаимосвязи с помощью математических и статистических методов. Иначе говоря, главной целью эконометрики являлось использование статистики и математики для развития экономической теории. Появление эконометрики дало возможность экономистам наполнить содержанием свои теоретические построения.

Основной макроэкономической моделью в это время стала знаменитая модель IS-LM, разработанная Хиксом [94] в рамках усовершенствования равновесной модели элементами кейнсианства. По этой модели общее равновесие – равновесие, устанавливающееся одновременно как на денежном, так и на товарном рынках. При этом происходит смена трактовки понятия равновесия: теперь равновесием считается состояние полной занятости, а под неравновесием – всевозможные провалы рынка в виде инфляции, экономического спада и безработицы [62, с. 35].

В дальнейшем кейнсианцы (например, Модильяни [98], Клейн [89]) вплоть до некейнсианства использовали в своих исследованиях

эконометрические макромоделли, представляющие собой систему, состоящую из нескольких сотен одновременных уравнений, на основе развёрнутой IS-LM модели.

Таким образом, в 50–60-е годы эмпирический характер экономической науки стал предметом особой гордости ее представителей: он воспринимался как показатель зрелости, выгодно отличающий экономическую теорию от других общественных дисциплин и сближающий ее с самыми продвинутыми отраслями естествознания [48]. Наиболее авторитетные лидеры научного сообщества, несмотря на свои теоретические разногласия, сходились на том, что только опыт, а не умозрительные рассуждения, решает судьбу теории [48].

Параллельно с кейнсианством делались попытки сделать эмпирической и рационалистическую модель Вальраса.

Для этого Эрроу и Дебре представили собственный вариант модели [83] общего равновесия, ставший на сегодняшний день эталоном, и разработали весь необходимый аппарат для доказательства существования равновесия, его единственности и оптимальности. В модели Эрроу–Дебре производство описывается технологическими множествами, а не фиксированными производственными коэффициентами, вместо функций полезности введены функции предпочтения. Фирмы максимизируют прибыль при заданных на рынках ценах, а домашние хозяйства максимизируют полезность при заданных ценах и долях в прибылях фирм. Тогда в состоянии равновесия существуют неотрицательные цены [62].

Однако практика заставила усомниться в утвердившейся методологической концепции эмпиризма. Оказалось, что рекомендации экономистов, хорошо работавшие в 60-е годы, в последующем десятилетии не смогли уберечь капитализм от инфляции и безработицы, что стало очевидным после самого глубокого со времен Великой депрессии кризиса 1974-1975 гг. Престиж экономической науки катастрофически упал в глазах общества в целом и экономистов в частности. Оказалось, что у эмпиристов

нет адекватного аналитического инструментария не только для доказательства истинности теорий на основе фактов, но и для опровержения ложных концепций [48].

Не желая принимать в расчет ничего кроме данных чувственного опыта, эмпирист добровольно отказывается от такого мощного инструмента познания, как собственный разум. Отсюда следует, что вся кропотливая разработка утонченных способов проверки теории, которой эмпиристы занимались на протяжении полувека, была заведомо напрасной тратой времени и сил [48].

Так в экономической науке утверждается диалектический принцип единства теории и практики, провозглашающий тесную взаимосвязь теории и практики с решающей ролью последнего. Отрыв теории от практики превращает ее в собрание бесплодных догм, не имеющих жизненного смысла. Однако практика в свою очередь находится в глубокой зависимости от теории [47, с. 377].

Воплощением этого принципа в макроэкономическом моделировании стали модели реального делового цикла (RBC-модели), разработанные Кюдландом и Прескоттом [95] с принятием во внимание концепции рациональных ожиданий Мута [100] и практических моделей Лукаса [96], Солоу [107] по учёту этой концепции в моделях реальной экономики. К особенностям этих моделей можно отнести следующие моменты:

1. источником циклических колебаний рассматривались факторы не со стороны спроса, а со стороны предложения, например, стохастические технологические изменения;

2. в отличие от моделей общего равновесия вальрасовского типа RBC-модели трактуют понятие «равновесие» не как одномоментное состояние, а как динамический процесс выравнивания спроса и предложения;

3. поведение экономических агентов описывается с помощью модели межвременной оптимизации и рациональных ожиданий. Математически это

выразилось в том, что поведение домохозяйств стало описываться задачей максимизации ожидаемого дисконтированного потока полезностей;

4. в RBC-моделях значение параметров получают калибровкой, то есть путём подбора таких значений параметров, при которых моделируемые значения показателей совпадают с фактическими данными. При этом стоит отметить, что допускается оценивание значений некоторых параметров модели с помощью эконометрических методов. Однако даже в этом случае оценённые параметры могут подвергаться экспертной корректировке с целью улучшения прогностических возможностей модели. Также в отличие от оценивания, откалиброванные параметры будут строго функционально связаны между собой [24].

Таким образом, уравнения модели реального делового цикла подобно модели Вальраса выводились с помощью решения оптимизационных задач, исходя из некоторых рационалистических предпосылок, а затем, эмпирически калибровались, чтобы модель адекватно воспроизводила те или иные свойства реальной экономики или положения экономической теории (например, инерционность (автокоррелированность) цен и заработных плат).

Однако поскольку RBC-модели являлись модифицированным вариантом модели Вальраса, кейнсианцы продолжали считать эти модели моделями с нереалистичными предпосылками и, как уже упоминалось ранее, продолжали использовать системы одновременных экономических уравнений. Однако в дальнейшем неокейнсианцы смогли встроить в RBC-модели реалистичные предпосылки – так появились динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE-модели) [5]. Если быть точнее, то их появление связано с хрестоматийной работой неокейнсианцев Ротемберга и Вудфорда [105] – именно они встроили в модели реального делового цикла (RBC-модели) кейнсианские элементы.

Если неоклассики показали важность учёта в макроэкономических моделях ожиданий и технологических факторов, то неокейнсианцы обратили внимание на элементы несовершенства реальных рынков, которые

необходимо принимать во внимание при моделировании (кейнсианцы критиковали RBC-модели за то, что цены в них мгновенно приспособляются к изменениям в экономической системе и уравнивают рынки, что совершенно не соответствует действительности и не может быть применимо для моделирования краткосрочных колебаний).

Вместо предпосылки RBC-моделей о совершенной рыночной конкуренции, гибкости цен и заработных плат, DSGE-модели включают такие кейнсианские черты рынков, как негибкие цены и заработные платы как следствие несовершенной информации и несовершенной конкуренции.

В качестве альтернативы DSGE-модели зачастую предлагается использовать агентное моделирование (agent based computational economics, ACE). В ACE-моделях возможно моделирование множества разнородных агентов, для каждого из которых задается стратегия поведения. Но оказывается, что ACE-модели уязвимы с позиций «критики Лукаса» [82, с. 22]. Кроме того, методология агентного моделирования еще только зарождается и до конца не оформилась [67, с. 26].

Агентное моделирование представляет собой одну из парадигм имитационного моделирования – моделирования, предназначенного для экспериментального выявления закономерностей функционирования системы. Кроме агентной парадигмы для решения задач макроэкономического моделирования может применяться и системная динамика, имитирующая поведение сложной системы во времени в зависимости от структуры элементов системы и взаимодействия между ними. Например, основатель этого подхода Джей Форрестер создал модель [69], позволяющую моделировать развитие целого мира. Несмотря на возможность моделирования сколь угодно масштабной системы, данный подход применяется в слабоформализованных условиях. В случае наличия массивов статистической информации или возможности выведения спецификации с помощью математических методов представляется лучшим использованием математически строгого аппарата.

Свое решение проблем макроэкономического моделирования предлагает концепция эволюционной экономики, основы которой сформулировали Нельсон и Уинтер [45] в 1970-е годы. Они и их последователи рассматривают экономику как систему, в которой происходят связанные с инновациями неравновесные процессы, выступающие движущими силами ее эволюции. Эволюционная теория в экономике вобрала в себя важнейшие категории своего биологического прообраза – изменчивость, отбор, наследственность. Эволюционирующая экономическая система обладает множеством возможных состояний, вероятность перехода в которые зависит от ее состояния в текущий момент. Подходящий для моделирования инструментарий дает теория марковских процессов. Прикладное эволюционное моделирование развивается; однако современные версии моделей не предназначены для выработки рекомендаций по проведению экономической политики [54].

В последние годы совместными усилиями экономистов и физиков в рамках нового направления на стыке двух наук — эконофизики – развивается в экономике и естественно-научный подход. Его перспективы связаны с применением научного аппарата физики для исследования и моделирования процессов в экономике, который далеко выходит за рамки решения оптимизационных задач. На текущем этапе важно решать задачу об адекватной замене физического смысла описываемых процессов экономическим [54].

Рассмотрение истории развития методов макроэкономического моделирования показывает, что опыт и разум в одинаковой степени являются источниками знания, а попытки эмпиризма или рационализма абсолютизировать какой-либо из методов заведомо обречены на провал, поэтому в задачу научной методологии входит нахождение путей плодотворного сочетания опытных исследований и теоретического анализа.

Развитие методов макроэкономического моделирования происходило по пути развития всей экономической теории. Долгое время экономическая

методология развивалась в русле рационализма: экономисты больше полагались на доводы логики, чем на систематические наблюдения и эмпирические тесты. Затем под влиянием позитивизма в западной философии на какое-то время эмпиризм практически полностью вытеснил рационализм. Однако, в конечном счёте, экономисты поняли необходимость совмещения обеих концепций и стали проводить свои исследования согласно диалектическому принципу единства теории и практики.

В советской экономике данный принцип воплотился в моделях межотраслевого баланса, теоретические основы которых были заложены Марксом, а их успешное применение в СССР подтверждало практическую ценность данного метода.

К сожалению, в современной России применение методологии межотраслевого баланса крайне затруднительно вследствие отсутствия работы в данном направлении органов государственного статистического учёта. Дело в том, что последняя полная система таблиц "Затраты - Выпуск" есть в наличии только за 2003 год в разрезе классификатора отраслей народного хозяйства, в то время как вся оставшаяся современная статистика публикуется по классификатору по видам экономической деятельности. Соответственно возникают 2 проблемы, связанные с практическим использованием МОБ для российской экономики: необходимость перевода данных к единому классификатору и актуализация данных. В связи с такими масштабными препятствиями российские исследователи для прогнозирования и планирования вынуждены применять другие методы, среди которых широко распространены вычислимые модели общего равновесия [6, 35, 52, 61] и эконометрические модели [2, 3, 4, 77].

Однако динамические стохастические модели общего равновесия являются закономерным результатом развития математических методов макроэкономического моделирования и впитывают в себя все достоинства ранее разработанных подходов. Они отвечают принципу единства теории и практики и, на наш взгляд, наиболее полно отражают свойства реальной

экономической системы, главным образом, за счёт учёта ожиданий экономических агентов. Тем не менее и данные модели не лишены недостатков, которые необходимо преодолевать для качественного моделирования национальной экономики.

1.2. Динамические стохастические модели общего равновесия

Как было показано экономико-математическое моделирование является мощным инструментом для изучения и прогнозирования экономических систем, процессов и явлений. В макроэкономическом моделировании на сегодняшний день наиболее передовой и распространённый подход связан с динамическими стохастическими моделями общего равновесия [32, с. 5].

Ранее упоминалось, что появление DSGE-моделей связано с хрестоматийной работой неокейнсианцев Дж. Ротемберга и М. Вудфорда, встроивших в модели реального делового цикла (RBC-модели) кейнсианские элементы.

Кейнсианцы утверждают, что цены по своей природе не гибкие в условиях несовершенной конкуренции, так как если какая-либо фирма повышает цены, а другие не следуют ее примеру, то следствием является снижение дохода от продаж у этой фирмы. Если какая-либо фирма снижает цены, а другие фирмы следуют за ней, то, сокращаются размеры ожидаемых поступлений от реализации. В силу такой взаимозависимости между фирмами ценам свойственна внутренняя жесткость.

Вместо предпосылки RBC-моделей о совершенной рыночной конкуренции, гибкости цен и заработных плат, DSGE-модели включают такие кейнсианские черты рынков, как жесткие цены и заработные платы в результате несовершенной информации и несовершенной конкуренции. При этом жесткость номинальных величин может учитываться двумя способами:

1. жесткость по Кальво [85];
2. жесткость по Ротембергу [104].

В первом случае предполагается, что номинальные индивидуальные цены не подлежат непрерывным изменениям и пересмотр цен не является

синхронным. Для реализации этого феномена предполагается, что каждая фирма меняет свою цену по случайному сигналу, причем вероятность этого сигнала имеет геометрическое распределение, не зависит от момента сигнала в прошлом и независимо между фирмами. То есть отдельная фирма в каждый период времени может изменить (оптимизировать с точки зрения максимизации прибыли) цену с некоторой экзогенной вероятностью [55, с. 327]. В данной концепции в каждый период времени цены меняет только определенная доля фирм. Отдельная фирма устанавливает свою цену с учетом ожидания средней цены в течение соответствующего периода в будущем. Главное преимущество методы Кальво – это гораздо большая аналитическая уступчивость и так же независимость от существующих номинальных контрактов. Кроме того, форма, при которой фирмы меняют цены по сигналу, более соответствует случайным ударам.

Вторая концепция предполагает, что фирмы несут затраты при изменении цены на данных США. При ценообразовании 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 [55, с. 327].

В целом оба подхода при различных предпосылках в конечном счёте приводят к появлению дополнительного параметра в спецификации уравнения для цен. Поэтому 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, а в рамках линеаризованной системы оба механизма ценообразования приводят к одинаковым линейным уравнениям, описывающим динамику экономической системы [55, с. 327].

Благодаря такому сочетанию теоретического неоклассического фундамента и прагматических устремлений кейнсианцев динамические стохастические модели общего равновесия стали основополагающим элементом современной макроэкономической теории. Более того, они стали основным инструментом разработки экономической политики в большинстве стран мира, например, в США [87], Канаде [99], Великобритании [91], Швеции [82], Чили [97], Новой Зеландии [84].

Указав на теоретические предпосылки DSGE-моделей, перейдем к рассмотрению особенностей математического аппарата.

Как говорилось выше, микрофундаментом DSGE-моделей являются модели рационального поведения экономических агентов. Благодаря этому DSGE-модели являются «структурными», что позволяет избежать так называемой «критики Лукаса» [96] в адрес, например, эконометрических моделей.

Использование рациональных ожиданий привело к необходимости использования опережающих (*forward-looking*) уравнений. То есть если в традиционных моделях расчет происходит на основе предыдущих рассчитанных значений, то в DSGE-моделях с помощью систем уравнений приходится сразу вычислять и предыдущие, и будущие значения. И если предыдущие значения могут быть взяты из исторических наблюдений, то для определения будущих значений необходимы дополнительные предпосылки. Как правило, предполагается, что рано или поздно экономика достигнет равновесного состояния. Иными словами, предполагается, что в краевой правой точке отклонение от равновесного (долгосрочного) уровня равно 0.

Соответственно, следующей особенностью DSGE-моделей является то, что непосредственно моделируются не сами уровни переменных, а их отклонения (*gaps*) от своего равновесного состояния (*steady-state*) с помощью так называемых фильтров.

Общую идею фильтрации высокочастотных колебаний проще всего показать на примере простейшего метода – фильтра Ходрика-Прескотта

(HPF). Идея фильтра заключается в том, что необходимо, с одной стороны, сгладить исходный ряд, с другой, – максимально учесть информацию, имеющуюся в исходном ряде. В итоге результат фильтрации является решением оптимизационной задачи:

$$\sum_{t=1}^T (x_t - s_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(s_{t+1} - s_t) - (s_t - s_{t-1})]^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

где x_t – исходный ряд в момент времени t ;

s_t – сглаженный ряд в момент времени t ;

λ – коэффициент предпочтения между гладкостью и точностью.

Если $\lambda = 0$, то сглаженный ряд совпадает с исходным. Если $\lambda \rightarrow \infty$, то сглаженный ряд будет представлять собой прямую линию.

Для иллюстрации работы фильтра Ходрика-Прескотта приведем фактические и сглаженные темпы роста ВВП России на периоде с 1 квартала 2000 по 4 квартал 2013 годов со стандартным (для квартальной динамики) значением параметра $\lambda = 1600$ (Рис. 1):

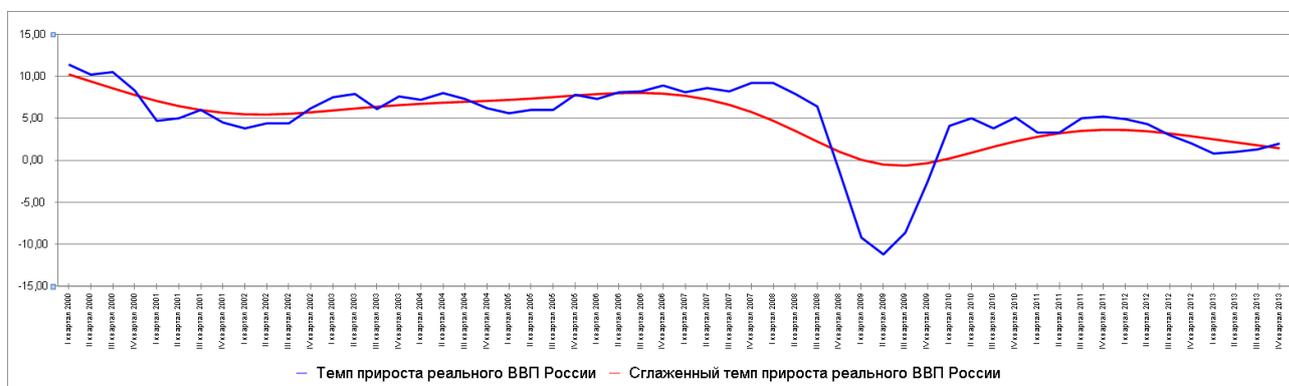


Рис. 1. Применение фильтра Ходрика-Прескотта к темпам прироста реального ВВП России

Помимо фильтра Ходрика-Прескотта для определения разрывов могут использоваться и другие методы [63, с. 22-23]:

– Тренд заданного вида. Это наиболее простой метод оценки потенциального выпуска. Суть этого метода состоит в задании функционального вида ряда потенциального ВВП с точностью до некоторого количества неизвестных параметров.

– Метод скользящего среднего. Здесь потенциальный ВВП определяется как некоторое взвешенное среднее от реализаций ряда на определенном интервале.

– Полосовой фильтр. Этот фильтр является частным случаем метода скользящего среднего, решающего проблему выбора весов. Полосовой фильтр был разработан специально для выделения компоненты бизнес-циклов для соответствующих рядов.

– 11-периодный фильтр Хендерсона. Представляет собой двусторонний фильтр нижних частот, используемый в семействе методов сезонного сглаживания X-11 (таких как американский Census X-11, X-11-ARIMA Канадского статистического агентства и американский Census X-12-ARIMA) в целях выделения трендовой и циклической компонент.

– Метод Бевриджа-Нельсона. В рамках данного метода предполагается, что аппроксимацией временного ряда является ARIMA(p,1,q)-модель, и производится декомпозиция временного ряда на тренд и циклическую составляющую при некоторых ограничениях.

– Фильтр Калмана. Представляет собой рекурсивную процедуру, которая в сочетании с методом максимального правдоподобия может быть использована для получения оптимальных оценок ненаблюдаемых переменных, при условии, что они присутствуют в качестве объясняющих переменных в модели, которая может быть представлена в «форме пространства состояний».

– Методы, основанные на данных обследований. Потенциальный ВВП и производственный разрыв могут быть рассчитаны по данным обследований предприятий. Данный подход основан на коротком временном горизонте, когда технология считается фиксированной и ресурсы рассматриваются как взаимодополняющие.

– Методы, основанные на построении производственных функций. В основе лежит оценка зависимости ВВП от затрат труда, капитала и совокупной факторной производительности.

Как отмечается в [86], не существует «официального» метода оценки потенциального уровня переменной. В каждой стране определяют метод, наиболее подходящий к заданным конкретным условиям.

Важной особенностью применения DSGE-моделей на практике является калибровка параметров.

Под калибровкой понимается соответствие между вероятностными прогнозами и фактическим поведением прогнозируемой величины [80].

Сущность калибровки заключается в определении параметров модели на основе статистических характеристик данных, результатов микро- и макроэкономических исследований, теоретических соображений.

В рамках этой процедуры значения параметров выбираются таким образом, чтобы модель адекватно воспроизводила те или иные свойства реальной экономики или положения экономической теории (например, инерционность (автокоррелированность) цен и заработных плат). Как правило, откалиброванные параметры связаны между собой функционально [39, с. 2].

Следует оговориться, что калибровка параметров не исключает полностью традиционное оценивание параметров моделей (например, с помощью обобщенного метода моментов, метода наименьшего расстояния, метода максимального правдоподобия, байесовского оценивания [39, с. 2]).

Однако даже в случае эконометрического оценивания разработчики DSGE-модели, как правило, дополнительно вносят экспертные корректировки в оцененные значения параметров.

DSGE-модели могут быть представлены в двух формах. Аналитическое представление содержит описание моделей поведения экономических агентов в виде решения оптимизационных задач [18, с. 21], а также описание равновесных траекторий развития экономики. Приведенный вариант

содержит в себе только линейные разностные уравнения динамики ключевых макроэкономических переменных.

В своем минимальном варианте DSGE-модель содержит 3 достаточно известных уравнения¹:

– динамический вариант кривой IS, описывающей динамику выпуска и выведенной из модели поведения домохозяйств;

– новая кейнсианская кривая Филлипса, показывающая связь между инфляцией и выпуском, учитывающая жесткость цен и полученная из модели поведения фирм;

– правило Тейлора для описания денежно-кредитной политики центрального банка, связывающее изменение ставки процента с отклонениями инфляции и выпуска от ожидаемого, целевого или равновесного уровня:

$$\begin{cases} \hat{y}_t = \hat{y}_{t+1}^e - \varphi * (i_t - \pi_{t+1}^e) + \varepsilon_t^y \\ \pi_t = \alpha * \pi_{t+1}^e + \omega * \hat{y}_t + \varepsilon_t^\pi \\ i_t = \bar{r} + \pi_t + \beta * (\pi_{t+1}^e - \pi^T) + \gamma * \hat{y}_t + \varepsilon_t^i \end{cases}, \quad (2)$$

где \hat{y}_t – отклонение выпуска от равновесного состояния в момент времени t ;

\hat{y}_{t+1}^e – ожидаемое отклонение выпуска от равновесного состояния в момент времени $t + 1$;

i_t – номинальная ставка % в момент времени t ;

π_t – инфляция в момент времени t ;

π_{t+1}^e – ожидаемая инфляция в момент времени $t + 1$;

\bar{r} – равновесное значение ставки %;

π^T – целевой уровень инфляции;

φ – эластичность замещения потребления;

α – коэффициент дисконтирования в оптимизационной задаче домохозяйства;

¹ Вывод первого и второго уравнения системы представлен в [90]. В качестве третьего уравнения взято классическое правило Тейлора [68].

ω – коэффициент, характеризующий эластичность предельных издержек по выпуску и чувствительность цен к колебаниям предельных издержек;

β – чувствительность процентных ставок к отклонению ожидаемой инфляции от целевого значения;

γ – чувствительность процентных ставок к отклонению выпуска от равновесного состояния;

ε_t^y – шок спроса, задающийся экзогенно или моделирующийся авторегрессионным процессом – AR(1);

ε_t^π – инфляционный шок, задающийся экзогенно или моделирующийся авторегрессионным процессом – AR(1);

ε_t^i – финансовый шок, задающийся экзогенно или моделирующийся авторегрессионным процессом – AR(1).

Из особенностей DSGE-моделей вытекают их преимущества и недостатки относительно прочих методов моделирования. К достоинствам относят системное описание экономики, наличие микроэкономических оснований, комбинирование взглядов на экономику со стороны спроса и предложения, возможность включения в модель структурных факторов [75, с. 115], а также учет ожиданий, эффективные оценки всех структурных взаимоотношений и как следствие более качественные прогнозы вследствие жесткой параметризации, возможность оценки воздействия эффектов макроэкономической политики на благосостояние агентов [39, с. 2].

Основная критика DSGE-модели связана с использованием концепции рациональных ожиданий [32], которая предполагает, что экономические агенты при принятии решений используют максимально эффективно всю доступную информацию и весь имеющийся опыт. Теория рациональных ожиданий включает общепринятое в экономической теории убеждение, что людям присуще рациональное поведение. Люди собирают и осмысливают информацию, представляющую для них денежный интерес, так как их доходы ограничены, в то время как желания носят безграничный характер. Если потребители узнают о скором снижении цен на какую-либо продукцию,

то они сократят свое потребление данного продукта и производители вынуждены будут снизить цены. Формируя свои грядущие ожидания, рационально мыслящий субъект должен подвергать анализу не только прошлое, но и будущее. В частности, ему необходимо внимательно относиться к тому, о чем говорят и что, видимо, будут делать лица, от которых зависит принятие государственных решений. Ему также необходимо принять во внимание вероятное влияние настоящей и будущей экономической политики на дальнейшее развитие экономических событий, то есть люди не наивно воспринимают полученную информацию, а стремятся предусмотреть действительный ход событий.

Принятие решение происходит настолько эффективно, что фирмы и домохозяйства могут строить прогнозы с нулевой ошибкой, предугадывать действия правительства и центрального банка².

Поэтому, как замечает М. Вудфорд, необходимо изучать вопрос о том, как более корректно моделировать ожидания в DSGE-моделях. Отказ от принципа рациональных ожиданий означает отказ от построения детерминированной модели экономики и рассмотрения экономической деятельности с точки зрения поведения экономических агентов. В отношении исходных предпосылок анализа это эквивалентно предположению существования не зависящих от поведения экономических агентов закономерностей реализации экономического производства. С точки зрения интерпретации поведения, это значит отказ от рассмотрения конкретного содержания мотивов деятельности экономических агентов как системообразующих факторов экономической деятельности.

² Теория рациональных ожиданий «изображает людей такими "теоретическими монетаристами (с туловищем и потребностями человека, но с компьютерами на плечах", наделенными блестящими теоретическими знаниями и способностью "решать сложные оптимизационные задачи с парой дюжин уравнений"» [25, с. 176]. Кроме того, как остроумно заметил Д. Коландер, рациональные экономические агенты должны идеально представлять истинные законы функционирования экономики, в то время как даже среди ученых-экономистов нет единства на этот счет [30, с. 16-17].

Анализ и оценка экономической деятельности при таком понимании поведения возможны только с точки зрения объективных ограничений экономики, то есть общих, а не конкретных характеристик экономической деятельности. В совокупности эти положения сводятся к следующим методологическим принципам: волюнтаризм (наличие у экономических агентов рефлексии), конструктивизм (усмотрение в деятельности экономических агентов целей, несводимых к экономическим мотивам) и индетерминизм (анализ экономической деятельности с точки зрения общих, а не конкретных определяющих экономические отношения понятий).

Вудфорд предлагает следующие альтернативы для моделирования ожиданий: анализ «выводной стабильности», теорию «равновесий с рациональными убеждениями», исследование динамики обучения в результате постоянной переоценки эконометрических моделей [8, с. 19]. Это разные подходы, но в рамках каждого предпринимается попытка объяснить поведение, следуя логике межвременной оптимизации. В каждом предлагаются определенные ограничения на ожидания экономических агентов, соответствующие общим представлениям о требованиях индивидуальной рациональности (но не предполагающие тип координации ожиданий, который присутствует в гипотезе «рациональных ожиданий»). В настоящее время тяжело оценить, какие из этих подходов окажутся (и окажутся ли вообще) полезными для практического макроэкономического моделирования. Предполагается, что каждый из этих подходов можно встроить в макроэкономические модели

Возможным решением проблемы рациональных ожиданий в модели также может стать переход к адаптивным ожиданиям³. Согласно данной гипотезе, изменение ожиданий предполагается пропорциональной величине последней ошибки ожиданий.

³ Интересно, что некоторые авторы [41, с. 595-596] считают адаптивные ожидания частным случаем рациональных; другие же [10, с. 289-290] рассматривают адаптивные ожидания в качестве самостоятельной концепции, отличной от теории рациональных ожиданий.

Государственная адаптационная политика в этом случае построена на том, что все субъекты рыночной экономики в своих действиях учитывают инфляцию, исходя из предшествующих и текущих темпов инфляции. Поэтому основным принципом адаптационной политики является приспособление к ней для смягчения воздействия инфляции на экономику.

Кроме того, ряд исследователей (Е. Т. Гурвич [9], С. В. Дробышевский и С. А. Архипов [15], А. В. Соколова [66], А. С. Лолейт [34]) утверждают и эконометрически доказывают, что экономические агенты в России при оценке будущей инфляции пользуются адаптивными ожиданиями.

Следующим недостатком DSGE-моделей считается использование принципа репрезентативного агента, необходимого для придания модели строгих микрооснований [67, с. 31]. Данный принцип представляет собой, по сути, методологический редукционизм, поскольку сводит сложные экономические системы к отдельным элементам (хотя основным постулатом теории систем является утверждение, что система имеет холистические свойства, не сводимые к ее элементам и не выводимые из них).

К этому недостатку являются нечувствительными АСЕ-модели. Однако, как упоминалось ранее и у них есть другие серьезные недостатки, что не позволяет считать их панацеей в области макроэкономического моделирования.

Следующее направление критики DSGE-моделей – применение фильтров. Как было показано выше, результаты фильтрации зависят от выбранного метода, параметров сглаживания, начального и конечного периодов фильтрации и т.д. Поэтому возникает определенный произвол и, соответственно, различные результаты. Так, С. В. Смирнов показал, что различные процедуры сглаживания могут давать достаточно противоречивые сигналы о фазах экономического цикла [64, с. 485]. Само по себе, вряд ли наличие в арсенале исследователя различных методов и моделей может считаться недостатком, но когда Центральный банк в своей политике ориентируется на абстрактный показатель «потенциального выпуска»,

рассчитанный по непрозрачным методикам, то у экономистов-практиков это вызывает большой скепсис [20].

Последний из выделенных нами недостатков DSGE-моделей – трудоемкая процедура вывода и параметризации уравнений.

Суммируя вышесказанное, следует сказать, что на сегодняшний день DSGE-модели представляют мощный инструментарий для макроэкономического моделирования и прогнозирования, серьезно зарекомендовавший себя в зарубежной экономической науке и практике. Однако отдельные предпосылки DSGE-модели должны быть адаптированы к реалиям отечественной экономики.

1.3. Российский опыт использования динамических стохастических моделей общего равновесия

Как было показано, в последнее время важное место в анализе макроэкономических процессов занимают динамические стохастические модели общего равновесия. Данный тип моделей стал результатом нового неоклассического синтеза и комбинирует лучшие идеи двух современных школ экономической мысли: неоклассиков и неокейнсианцев. Однако помимо теоретической ценности данные модели приносят большую пользу и в практических целях, подтверждением чего является повсеместное использование данного инструментария центральными банками многих стран мира на всех континентах.

Широкая распространённость данного подхода объясняется тем, что DSGE-модели основаны на экономической теории, параметры таких моделей являются структурными, описывающими поведение экономических агентов на микроуровне, что делает DSGE-модели не подверженными критике Лукаса. Иначе говоря, DSGE-модели объединяют в себе математическое моделирование и системный анализ экономики с целью количественной оценки деятельности государств. Так выведенные на основе экономической теории взаимосвязи позволяют проецировать на экономические показатели практически любые регулирующие меры органов государственного

управления, исследовать чувствительность ключевых экономических параметров к изменению сценарных и управляющих переменных.

Однако при всей популярности данного подхода на Западе в России разработкой DSGE-моделей занимается не очень много исследователей. Первая DSGE-модель России была построена С.М. Иващенко [23] для выявления факторов, обуславливающих динамику инфляционных процессов. Для решения задачи была построена DSGE-модель открытой экономики, состоящая из максимизирующих полезность домохозяйств и максимизирующих дивиденды фирм. Внешний сектор описывается рядом условий по формированию зарубежного спроса, отечественного предложения и уровня цен на внешних рынках, а также уравнением платёжного баланса. Поведение государства определяется бюджетным ограничением и правилом Тейлора для денежно-кредитной политики. Кроме стандартных товарного и трудового рынков в модели рассматриваются рынки акций и облигаций. С помощью модели был сделан вывод о том, что на инфляцию в России больше всего влияют шоки государственных расходов (объясняют 53% инфляции), технологий (объясняют 21% инфляции), денежной политики (объясняют 19% инфляции). На шок мировых цен приходится всего лишь 7% инфляции.

Также С.М. Иващенко [22] была построена DSGE-модель, позволяющая моделировать дефолты фирм. Модель является симметричной DSGE-моделью России и США, в которой действуют домохозяйства, фирмы, банки и государство. Домохозяйства, фирмы и банки решают задачу максимизации полезности. Полезность домохозяйств определяется потреблением, отдыхом, сбережениями и долгами. Полезность фирм зависит от дивидендов, «репутационных издержек» при дефолте, цен, уровня долговой нагрузки, инвестиций и фонда оплаты труда. Функция полезности банков состоит из дивидендов, собственного капитала и долгов в иностранной валюте. Государство описывается бюджетным ограничением и различными правилами, аналогичными правилу Тейлора. Описанные агенты взаимодействуют на товарном, трудовом и долговом рынках. Построенная

модель позволила автору сделать выводы о проциклическом характере денежной и фискальной политик в России. Кроме того, было показано, что основную роль в инфляционных процессах играют государственные расходы и денежная политика. Важным выводом является то, что воздействие реального сектора на финансовый явно превосходит обратное влияние. Поэтому при моделировании реального сектора пренебрежение финансовым сектором допустимо, а при моделировании финансовых показателей обязательно нужно учитывать показатели сектора фирм.

Ещё одним разработчиком DSGE-моделей России является А.В. Полбин. Его модель [55] была направлена на анализ зависимости экономики России от цен на нефть. Для этого автором строилась модель, состоящая из домохозяйств, фирм, государства (включая центральный банк) и внешнего сектора. Домохозяйства максимизируют благосостояние, определяемое отдыхом и потреблением. Фирмы решают задачу максимизации прибыли. Учёт внешнего сектора реализуется через моделирование экспорта и импорта. Поведение центрального банка и фискального сектора задаётся с помощью правил политики. Особенностью модели является рассмотрение отечественных экспортных товаров, отечественных товаров внутреннего потребления, импортных товаров и углеводородов (нефти, нефтепродуктов и газа). Далее в этой работе было оценено влияние на экономику нефтяных шоков. В следующей работе [56] данная модель была применена для анализа шоков производительности, эффективности инвестиций, зарубежного спроса, предложения труда, предпочтений домохозяйств и премии за риск. Проведённые модельные эксперименты приводят к разумным и непротиворечивым выводам, согласующимся с российской действительностью. Например, в работе были приведены гипотезы, почему во время значительного роста цен на нефть в 2000-е годы в экономике России не наблюдался эффект «голландской болезни» (негативный эффект от укрепления национальной валюты вследствие значительного роста в отдельном секторе экономики). Одной из причин для объяснения данного

факта, по мнению авторов, является то, что в России в этот период времени наблюдался значительный рост производительности во всех сферах экономики за счет технологического прогресса, объясняемого активным заимствованием иностранных технологий. Ещё одной причиной можно назвать постепенный рост уровня загрузки мощностей, происходивший на фазе подъёма российской экономики после глубоко кризиса конца 90-х годов. Кроме этого, в российской экономике в 2000-е года наблюдалась низкая мобильность трудовых ресурсов между различными секторами. Как итог, всё вышеназванное могло компенсировать негативное влияние в промышленном секторе.

К сожалению, при всей пользе, получаемой от анализа экономических процессов в России, данную модель нельзя использовать для получения каких-то количественных оценок, поскольку часть параметров модели калибровалась по оценкам аналогичных параметров для зарубежных стран.

Также в последнее время разработкой DSGE-моделей стали заниматься в Лаборатории макроэкономического анализа Высшей Школы Экономики. В работе [36] авторы строят модель экономики, ориентирующейся на экспорт. Для этого Малаховская и Минабутдинов напрямую вводят в модель показатель, характеризующий доходы от экспорта. В модели рассматриваются 4 агента: максимизирующие полезность домашние хозяйства, минимизирующие затраты фирмы, производящие промежуточные товары и товары конечного потребления, внешний сектор и Центральный банк. В конечном счёте, авторами получены содержательные макроэкономические результаты, что может свидетельствовать о пригодности построенной модели. Однако модель калибровалась по зарубежным работам, а не на российских данных, поэтому нет возможности использовать её для анализа национальной экономики.

Ещё одна DSGE-модель была построена Шульгиным в вышеупомянутой научной лаборатории. В работе [71] делается упор на анализе политики Банка России, в результате чего в модели оказываются реализованы правила не

только для процентной ставки, но и для валютного курса. Кроме Центрального банка в модели присутствуют домашние хозяйства, фирмы, правительство. Домашние хозяйства максимизируют полезность, фирмы – прибыль. При этом в модели рассматриваются 6 типов фирм: производители биржевых, промышленных, неторгуемых товаров, импортёры, производители капитала и конечных товаров. Для моделирования деятельности правительства в модель включено бюджетное ограничение. С помощью модели доказывается, что ЦБ РФ следит за динамикой как процентной ставки, так и валютного курса. Введённые правила позволяют объяснять и волатильность инструментов (денежной массы и золотовалютных резервов) в терминах стабилизационной монетарной политики Банка России.

Если обобщать российский опыт построения DSGE-моделей, то можно отметить, что он подтверждает тезис о многогранности использования DSGE-моделей: все построенные модели использовались для разных целей, но поставленные цели всегда оказывались достигнутыми. Кроме того, заметно, что в зависимости от различных целей, авторы подбирали необходимую им структуру модели. Таким образом, можно заключить, что при проектировании модели в распоряжении исследователя есть различные детали, из которых он конструирует DSGE-модель, позволяющую ему решать любую поставленную задачу.

В основном все российские DSGE-модели были построены в соответствии с зарубежными канонами, однако в последних работах прослеживаются попытки адаптировать западные модели к российской действительности путем учёта экспортного характера национальной экономики и моделированием монетарной политики российского Центрального банка.

Также можно отметить, что вследствие небольшого числа исследований по созданию динамических стохастических моделей общего равновесия, авторы испытывают трудности с оценкой параметров таких моделей. В связи

с этим большинство из них калибруют параметры моделей по зарубежным работам. Однако структура экономика России значительно отличается от развитых западных экономик, что ставит под сомнение возможность использования зарубежных параметров для моделей, пытающихся описать динамику национальной экономики.

В современных исследованиях (как в отечественных, так и в международных) DSGE-модели используются для понимания механизма функционирования экономики, в то время как представляется интересным использовать DSGE-модели для прогнозирования экономического развития. Однако история применения DSGE-моделей для России только начинается. Это даёт основания полагать, что в будущем данный подход к моделированию будет использоваться более разнообразно.

Выводы первой главы

1. Рассмотрены подходы к проблеме макроэкономического моделирования (межотраслевые балансы, теория общего экономического равновесия, эконометрика, модели реального делового цикла, системная динамика, агентное моделирование, эволюционная экономика, эконофизика). На основе проведенного анализа обоснован выбор динамических статистических моделей общего равновесия для решения задачи прогнозирования макроэкономических показателей.

2. Выполнен анализ динамических стохастических моделей общего равновесия. Приведена базовая DSGE-модель. Выделены их особенности, достоинства и недостатки. Показано, что при наличии критики данного класса моделей даже со стороны западных экономистов, аппарат DSGE-моделей должен быть адаптирован к российским условиям.

3. Дан анализ существующих отечественных исследований в области построения динамических стохастических моделей общего равновесия. Показано, что российские ученые строят DSGE-модели большого масштаба и используют их для анализа макроэкономических процессов, в то время как было бы полезно использовать их для целей прогнозирования. Кроме того,

для получения значений параметров своих моделей российские авторы зачастую заимствуют их из зарубежных публикаций, что может приводить к неучёту российской специфики и получению недостоверных выводов.

II. Разработка краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики

Разработанная модель представляет собой синтез DSGE и эконометрической моделей России. Ядром модели являются уравнения ВВП (валового внутреннего продукта), ИПЦ (индекса потребительских цен), ключевой ставки, валютного курса. Взаимодействие данных показателей позволяет отразить ключевые экономические взаимосвязи: влияние монетарных, бюджетных, тарифных, валютных управляющих воздействий на индикаторы экономического развития государства.

Затем прогнозы по выше обозначенным показателям поступают на вход эконометрической модели, прогнозирующей более детально показатели реального (промышленное производство, оборот розничной торговли, строительство, грузооборот), банковского (кредиты, ставка по кредитам), внешнего (экспорт, импорт, золотовалютные резервы) секторов, домашних хозяйств (располагаемые доходы населения, среднемесячная заработная плата, уровень безработицы), а также ценовых показателей (индекс цен производителей, базовый индекс потребительских цен), отмечаемых Росстатом, Министерством экономического развития РФ, Банком России в качестве основных экономических показателей в месячной динамике. В свою очередь показатели из эконометрической части модели оказывают влияние на долгосрочные уровни показателей DSGE-модели. В отсутствие этого влияния, долгосрочные уровни переменных пришлось бы задавать экзогенно, либо экстраполировать.

Модель построена в месячной динамике для того, чтобы была возможность осуществлять прогнозирование на краткосрочную перспективу. В качестве месячного временного ряда по ВВП брались оценки Министерства экономического развития [43].

Выбор парадигмы DSGE-моделей связан с тем, что в последнее время они занимают важное место в анализе, моделировании и прогнозировании макроэкономических процессов. Данный подход к моделированию

макроэкономики зародился в рамках так называемого «нового неоклассического синтеза», современного направления западной экономической мысли, который, в свою очередь, стал продуктом синтеза неоклассики и неокейнсианства.

В России в основном по-прежнему используют классические балансово-эконометрические модели, в то время как за рубежом данный класс моделей выходит из моды, начиная с 70-80 гг. прошлого века [59].

Примечательно, что DSGE-моделирование является не просто академической разработкой, но получила распространение в практике государственного регулирования во многих стран мира. В последние годы новое руководство российского Центрального банка активно применяет аппарат DSGE-моделирования при разработке денежно-кредитной политики.

Кроме того, в условиях частой смены ответственного за денежно-кредитную политику ЦБ (и соответственно отсутствия статистических наблюдений при новом руководстве) получить непосредственные эконометрические оценки монетарных правил становится невозможным. Это вынуждает прибегать к аппарату динамических стохастических моделей общего равновесия.

В то же время в отечественной науке DSGE-модели практически не разрабатываются. Созданием DSGE-моделей РФ занимается несколько исследователей. Данные модели выполнены в соответствии зарубежным канонам и не в полной мере учитывает специфику экономики России. Поэтому предпринята попытка разработать DSGE-модель российской экономики с учетом текущих реалий.

Присоединение эконометрики обосновано желанием увеличить количество моделируемых переменных и возможностью использования выходов DSGE-модели в качестве входов эконометрической модели и наоборот, что позволит улучшить качество модели.

2.1. Уравнения динамической стохастической модели общего равновесия

Как ранее упоминалось, в минимальной конфигурации DSGE-модель состоит из трёх уравнений, связывающих ВВП, инфляцию и ставку процента. Однако такая модель не способна отразить всё многообразие экономики, поэтому указанные уравнения будут модифицированы, а также будет добавлено уравнение для моделирования валютного курса, играющего большую роль в национальной экономике.

2.1.1 Уравнение для ВВП

Для моделирования ВВП используется динамический вариант кривой IS, выведенной из модели поведения домохозяйств [102]:

$$\hat{y}_t = a_1 \hat{y}_{t-1} - a_2 mci_t + \varepsilon_t^y, \quad (1)$$

где \hat{y}_t – нерегулярная компонента ВВП в момент времени t ;

mci_t – индекс монетарных условий в момент времени t , рассчитываемый по формуле $mci_t = a_3 \hat{r}_t + (1 - a_3)(-\widehat{rer}_t)$;

\hat{r}_t – нерегулярная компонента реальной ставки процента в момент времени t ;

\widehat{rer}_t – нерегулярная компонента реального курса рубля за 1 доллар США в момент времени t ;

ε_t^y – шок спроса в момент времени t ;

a_1 – коэффициент инерционности отклонений выпуска;

a_2 – коэффициент влияния монетарных условий на реальную экономику;

a_3 – коэффициент значимости ставки процента в монетарной политике.

Обозначенные уравнения позволяют учесть следующие особенности экономики:

- инерционность изменения выпуска;
- влияние монетарной политики на реальную экономику, прежде всего процентной ставки, и немонетарных факторов;
- выбор потребителей между сегодняшним и будущим потреблением;

– выбор потребителей между отечественными и импортными товарами.

Кроме того, упомянутый индекс монетарных условий считается правилом для открытой экономики, используемые центральными банками экспортно-ориентированных стран, к коим можно отнести и Россию. Данный индекс рассчитывают как среднее изменений внутренней процентной ставки (или ставок) и валютного курса.

Таким образом, данный индекс можно использовать в качестве операционной цели денежно-кредитной политики, информационного индикатора состояния экономики и правила денежно-кредитной политики.

Определение долгосрочного уровня ВВП происходит под влиянием инвестиций в основной капитал, поскольку именно эта величина во многом отвечает за будущий потенциал экономики (Таблица 1):

$$\bar{y}_t = -33.82 + 0.35 * I_t, \quad (2)$$

где \bar{y}_t – долгосрочный уровень темпа прироста ВВП в процентах к соответствующему периоду прошлого года в момент времени t ;

I_t – инвестиции в основной капитал в момент времени t .

Таблица 1. Спецификация модели долгосрочного уровня темпа прироста ВВП

	Значение	SE	t	p
I_t	0,35	0,01	27,65	0,00
const	-33,82	1,38	-24,56	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,82 R² 0,82

Расчёт темпа прироста экономики происходит путём суммирования долгосрочного уровня и нерегулярной компоненты:

$$y_t = \bar{y}_t + \hat{y}_t, \quad (3)$$

где y_t – темп прироста ВВП в процентах к соответствующему периоду прошлого года в момент времени t .

Стоит отметить, что в модели для выделения тренд-циклической составляющей был использован фильтр Ходрика-Прескотта со стандартным параметром сглаживания для месячной динамики, равного 14400.

Существуют ещё ряд процедур для очистки временных рядов от нерегулярной составляющей, рассмотренных выше. Однако фильтр Ходрика-Прескотта является одним из самых широко распространённых методов выделения тренда и сглаживания макроэкономических временных рядов, позволяющих установить баланс между точностью и степенью гладкости тренд-циклической составляющей [79, с. 10]. Кроме того, использование данного метода апробировано в западной науке [102], а также Центральным банком РФ [13, с. 37].

2.1.2 Уравнение для ИПЦ

Для моделирования инфляции использовался вариант новой кейнсианской кривой Филиппса [102]:

$$\pi_t = b_1 \pi_{t+1}^e + (1 - b_1) \pi_{t-1} + b_2 rmc_t + \varepsilon_t^\pi, \quad (4)$$

где π_t – индекс потребительских цен РФ в момент времени t ;

π_{t+1}^e – ожидаемое значение индекса потребительских цен РФ в момент времени $t + 1$;

rmc_t – реальные предельные издержки в момент времени t , рассчитываемые по формуле $rmc_t = b_3 \hat{y}_t + (1 - b_3) \widehat{r\hat{e}r}_t$;

ε_t^π – шок инфляции в момент времени t ;

b_1 – коэффициент инерционности инфляции;

b_2 – коэффициент влияния реальной экономики на инфляцию;

b_3 – доля отечественной продукции.

Данная спецификация отражает следующие характеристики экономики:

- наличие инфляционных ожиданий;
- влияние реальной экономики на монетарные процессы;
- жёсткость (инерционность) номинальных показателей;

– немонетарный аспект инфляции, в том числе влияние тарифов естественных монополий;

– эффект импортируемой инфляции.

2.1.3 Уравнение для ожиданий экономических агентов

Теоретической основой DSGE-моделей является концепция рациональных ожиданий. Согласно данной концепции, а) экономическим агентам доступна полная информация, что и государству, б) информация используется максимально эффективно. В результате чего в) экономические агенты обладают совершенным предвидением, то есть могут точно прогнозировать фактические значения будущей инфляции, обменного курса и т.д.

На сегодняшний день гипотеза рациональных ожиданий отвергается многими экономистами как нереалистичная [30, 32, 74]. Более реалистичной, особенно в случае России, кажется гипотеза адаптивных ожиданий. В рамках гипотезы адаптивных ожиданий от экономических агентов не требуется совершенного предвидения, достаточно того, чтобы учитывались предыдущие ошибки. Иными словами, формирования адаптивных ожиданий выглядит следующим образом:

$$\pi_{t+1}^e = \pi_t^e + \lambda_\pi(\pi_t - \pi_t^e), \quad (5)$$

где $\lambda_\pi \in (0; 1)$ – скорость корректировки инфляционных ожиданий.

В уравнениях модели переход от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий к параметру λ_π удастся осуществить с помощью преобразования Койке.

Подробно продемонстрируем эту процедуру на примере уравнений (4) и (5). Для этого сформируем систему из двух уравнений. Первое – уравнение (4), записанное для периода времени $t - 1$:

$$\pi_{t-1} = b_1 \pi_t^e + (1 - b_1) \pi_{t-2} + b_2 r m c_{t-1} + \varepsilon_{t-1}^\pi. \quad (6)$$

Второе получается при подстановке уравнения (5) в уравнение (4):

$$\pi_t = b_1 [\pi_t^e + \lambda_\pi(\pi_t - \pi_t^e)] + (1 - b_1) \pi_{t-1} + b_2 r m c_t + \varepsilon_t^\pi. \quad (7)$$

В уравнении (7) приведем подобные слагаемые при переменной π_t^e :

$$\pi_t = b_1[\lambda_\pi \pi_t + (1 - \lambda_\pi)\pi_t^e] + (1 - b_1)\pi_{t-1} + b_2 rmc_t + \varepsilon_t^\pi. \quad (8)$$

Для того, чтобы избавиться от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий из уравнения (8) вычтем уравнение (7), домноженное на $(1 - \lambda_\pi)$ и приведем подобные слагаемые. В итоге получаем финальную спецификацию уравнения для моделирования инфляции с адаптивными ожиданиями:

$$\pi_t = \frac{(2 - b_1 - \lambda_\pi)\pi_{t-1} - (1 - b_1)(1 - \lambda_\pi)\pi_{t-2} + b_2 rmc_t - b_2(1 - \lambda_\pi)rmc_{t-1} + \varepsilon_t^\pi}{(1 - b_1 * \lambda_\pi)}. \quad (9)$$

2.1.4 Уравнение для процентной ставки

К настоящему моменту времени сформулировано большое число правил денежно-кредитной политики. Известно, что денежно-кредитная политика в значительной мере зависит от степени открытости экономики. В закрытой экономике она оперирует процентными ставками и стоимостью активов, в том числе недвижимостью. В открытой экономике огромное значение приобретает и валютный курс. Спрос на продукцию национального производства, ее конкурентоспособность на мировом рынке напрямую зависят от валютного курса. Уровень процентных ставок также связан с курсом национальной валюты.

Традиционно в DSGE-моделях используется правило Тейлора [108]. Идея Дж. Тейлора состояла в следующем – разработать контрциклическое правило поведения Центрального банка, охлаждающее экономику при перегреве (то есть когда инфляция превышает целевой уровень и когда национальный доход превышает потенциальный уровень) и стимулирующее при спаде.

На сегодняшний день оно является, пожалуй, самым популярным среди правил денежно-кредитной политики. Правило Тейлора имеет ряд достоинств. Во-первых, оно обладает стабилизационными свойствами, то есть правило минимизирует циклические колебания в экономике. Во-вторых, оно очень простое и центральному банку не составляет труда применять его на практике. В-третьих, легко проверить его эффективность на практике. В-

четвертых, Правило Тейлора благодаря своей простоте служит прекрасным средством коммуникации между денежными властями и частным сектором, информируя общество о методах реализации денежно-кредитной политики. В-пятых, в перспективной версии Правила Тейлора используется ожидаемая инфляция как триггер ответной реакции центрального банка.

Однако применительно к экспортно-ориентированным ресурсодобывающим странам классическое правило Тейлора оказывается не совсем адекватным. Центральные банки таких стран вынуждены следить не только за уровнем инфляции, но, может быть, даже в большей степени, – за обменным курсом.

Правило Тейлора для России было идентифицировано экономистами Центра макроэкономических исследований [81] следующим образом:

$$i_t = f_1 i_{t-1} + (1 - f_1)(i_t^n + f_2(\pi_{t+1}^e - \pi_t^T) + f_3 \hat{y}_t + f_4 \widehat{er}_t) + \varepsilon_t^i, \quad (10)$$

где i_t – ключевая ставка ЦБ РФ в момент времени t ;

f_1 – степень инерционности номинальной ставки процента;

f_2 – чувствительность процентной ставки к отклонению ИПЦ от целевого уровня;

f_3 – чувствительность процентной ставки к отклонению ВВП от равновесного состояния;

f_4 – чувствительность процентной ставки к отклонению реального валютного курса от равновесного состояния;

i_t^n – естественная ставка процента в момент времени t ;

π_t^T – целевое значение индекса потребительских цен РФ в момент времени t ;

ε_t^i – шок процентной ставки в момент времени t .

Подобно процедуре (6)-(9) осуществим переход от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий к параметру λ_π и в уравнении (10). Финальной спецификацией для моделирования номинальной ставки процента окажется уравнение следующего вида:

$$\begin{aligned}
i_t = & (1 - \lambda_\pi + f_1)i_{t-1} - (1 - \lambda_\pi)f_2i_{t-2} + (1 - f_1)(i_t^n - (1 - \lambda_\pi)i_{t-1}^n + \\
& + f_2\lambda_\pi\pi_t - f_2\pi_t^T + (1 - \lambda_\pi)f_2\pi_{t-1}^T + f_3\hat{y}_t - (1 - \lambda_\pi)f_3\hat{y}_{t-1} + \\
& + f_4\hat{z}_t - (1 - \lambda_\pi)f_4\hat{z}_{t-1}) + \varepsilon_t^i.
\end{aligned} \tag{11}$$

Кроме того, сложным вопросом оказывается выбор процентной ставки. Раньше Банк России использовал различные ставки для рефинансирования коммерческих банков. В некоторых DSGE-моделях используется ставка межбанковского кредитования. Однако в процессе перехода к инфляционному таргетированию ЦБ РФ унифицировал процентную политику, сведя всё к одной единственной «ключевой ставке», которая и была выбрана нами в качестве переменной i_t .

Далее на основе номинальной ставки процента считается реальная:

$$r_t = \frac{i_t - \pi_{t+1}^e}{1 + \pi_{t+1}^e}, \tag{12}$$

где r_t – реальная ставка процента в момент времени t .

Обычно в DSGE-моделях данное уравнение линейризуется путём отбрасывания знаменателя. Однако в условиях российской действительности, когда инфляция достигает двухзначного значения, данная операция становится невозможной.

Для уравнения (12) также необходимо проделать процедуру перехода от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий к параметру λ_π . В итоге получим уравнение следующего вида:

$$r_t = r_t = \frac{i_t - (\lambda_\pi\pi_t + (1 - \lambda_\pi) \left[\frac{i_{t-1} - r_{t-1}}{1 + r_{t-1}} \right])}{1 + (\lambda_\pi\pi_t + (1 - \lambda_\pi) \left[\frac{i_{t-1} - r_{t-1}}{1 + r_{t-1}} \right])}. \tag{13}$$

На основе этого высчитываются отклонения реальной ставки процента от долгосрочного уровня (на факте с помощью фильтра Ходрика-Прескотта выделяются долгосрочный уровень и нерегулярная компонента, на прогнозном периоде долгосрочный уровень экстраполируется либо задаётся экзогенно):

$$\hat{r}_t = r_t - \bar{r}_t, \tag{14}$$

где \bar{r}_t – долгосрочный уровень реальной ставки процента в момент времени t .

На основе долгосрочного уровня реальной ставки и ожидаемой инфляции рассчитывается естественная ставка процента:

$$i_t^n = \bar{r}_t * (1 + \pi_{t+1}^e) + \pi_{t+1}^e. \quad (15)$$

Наконец, для уравнения (15) также проведем аналогичные преобразования по переходу от ненаблюдаемой переменной инфляционных ожиданий к параметру λ_π и получим:

$$i_t^n = \bar{r}_t \left(1 + \lambda_\pi \pi_t + (1 - \lambda_\pi) \left[\frac{i_{t-1}^n - \bar{r}_{t-1}}{1 + \bar{r}_{t-1}} \right] \right) + \lambda_\pi \pi_t + (1 - \lambda_\pi) \left[\frac{i_{t-1}^n - \bar{r}_{t-1}}{1 + \bar{r}_{t-1}} \right]. \quad (16)$$

2.1.5 Уравнение для валютного курса

На сегодняшний день всё многообразие методов анализа изменения валютного курса можно разделить на две большие группы: факторные и экстраполяционные модели [60]. Если высказываться терминами анализа финансовых рынков, то это будут методы фундаментального и технического анализов.

Технический анализ предполагает, что все будущие изменения заложены в текущих ценах, поэтому для прогнозирования достаточно располагать исторической динамикой моделируемого показателя. Методы технического анализа можно разделить на графические и математико-статистические методы. Графические методы базируются на анализе графика изменения цены финансового актива и поиска фигур, сигнализирующих о дальнейшем движении цен в ту или иную сторону. Такие методы позволяют определять точки перелома тенденции, однако они не способны предсказывать цену валютного курса в конкретный момент времени. Данный недостаток позволяют устранить математико-статистические методы, базирующиеся на выявлении закономерности изменений цены (выраженной формулой) на статистической ретроспективе с помощью математических методов. Обычно для этих целей используется модель ARIMA – интегрированная модель авторегрессии – скользящего среднего. Однако

некоторые исследователи применяют более продвинутые методы, основанные на использовании аппарата нечёткой логики [16] или модификации метода ARIMA с помощью фрактального анализа [58]. Общим недостатком методов технического анализа является игнорирование факторных зависимостей, что ограничивает сферу его применения прогнозированием на короткий или даже кратчайший период. Например, как показывают исследования Института «Центра развития» НИУ ВШЭ [1]: при снижении цены на нефть на 1% курс рубля в среднем обесценивается примерно на такую же величину, что свидетельствует о наличии сильной связи между отмеченными показателями и игнорирование данной зависимости не позволит предсказывать поведение валютного курса при резких колебаниях нефтяных цен, что можно было особенно ярко наблюдать, например, в конце 2015 года.

В связи с этим более подходящим для решения задачи моделирования валютного курса видятся методы фундаментального анализа, выделяющие факторы, влияющие на изменение моделируемого показателя.

В работе Сельцовского [60] выделяются следующие факторы, которые гипотетически могут влиять на валютный курс:

- 3.1. ВВП;
- 3.2. Торговый баланс;
- 3.3. Инфляция;
- 3.4. Учётная ставка;
- 3.5. Безработица;
- 3.6. Денежная масса;
- 3.7. Розничные продажи;
- 3.8. Жилищное строительство;
- 3.9. Величина заказов;
- 3.10. Промышленное производство;
- 3.11. Производительность;
- 3.12. Фондовые индексы;

3.13. Цены государственных облигаций.

Однако в данном исследовании не проводится проверка выдвинутых теоретических предположений на практике. Процесс подбора конкретной спецификации подробно описан в монографии [76] Института экономической политики. В ней авторы подробно анализируют спецификации для модели валютного курса, известные из экономической теории, а затем проверяют качество рассмотренных уравнений, используя аппарат эконометрики. Таким образом, авторы рассмотрели несколько подходов:

- паритет покупательной способности:
 - соотношение отечественных и зарубежных темпов инфляции;
- паритет процентных ставок:
 - соотношение отечественных и зарубежных процентных ставок;
- монетарный подход:
 - соотношение отечественных и зарубежных объемов денежной массы;
 - соотношение отечественного и зарубежного ВВП;
 - соотношение отечественных и зарубежных процентных ставок;
 - соотношение отечественных и зарубежных темпов инфляции;
- монетарный подход с учётом торгового баланса:
 - соотношение отечественных и зарубежных объемов денежной массы;
 - соотношение отечественного и зарубежного ВВП;
 - соотношение отечественных и зарубежных процентных ставок;
 - соотношение отечественных и зарубежных темпов инфляции;
 - сальдо торгового баланса;
- модель типа Баласса-Самуэльсона:
 - соотношение отечественных и зарубежных объемов денежной массы;
 - соотношение отечественного и зарубежного ВВП;

- соотношение отечественных и зарубежных процентных ставок;
- соотношение отечественных и зарубежных темпов инфляции;
- соотношение отечественной и зарубежной производительности в экономике (ВВП на 1 занятого);
- модель с поведенческими переменными:
 - соотношение отечественных и зарубежных темпов инфляции;
 - соотношение отечественных и зарубежных цен неторгуемых товаров;
 - соотношение отечественных и зарубежных процентных ставок;
 - соотношение отечественного и зарубежного отношения государственного долга к ВВП;
 - внешнеторговый оборот;
 - чистые иностранные активы;
- модель портфеля активов:
 - денежная масса;
 - внутренние активы (совокупность резервов, требования к органам государственного управления, требования к нефинансовым государственным организациям, требования к нефинансовым частным организациям и к населению, требования к прочим финансовым институтам);
 - иностранные активы (остатки на счетах кредитных организаций по операциям с нерезидентами, а также наличные денежные средства в иностранной валюте в кассах кредитных организаций);
 - иностранная процентная ставка с учётом рублёвой доходности (темп роста валютного курса + иностранная процентная ставка);
 - ВВП.

Наилучшей из рассмотренных моделей оказалась последняя спецификация, что может свидетельствовать о том, что при моделировании валютного курса нужно использовать показатели, характеризующие его как финансовый актив. С другой стороны, авторы, подробно проанализировав международный опыт и применив его для российской действительности, не

учитывают особенности национальной экономики, а именно недооценивают ту роль, которую играет цена на нефть при установлении валютного курса в России.

Россия является ресурсодобывающей экспортно-ориентированной страной, в которой экспорт нефтяных ресурсов занимает значительную долю во всей внешней торговле. Это обеспечивает большую часть государственного бюджета, вызывает рост добывающей промышленности, которая тянет за собой прочие отрасли экономики и как следствие оказывает эффект и на благосостояние населения, трудящегося в этих отраслях.

Учёт данной особенности происходит в работе [39], где строится макроэкономическая модель России. Одним из её уравнений оказывается модель для валютного курса от цен на нефть и инвестиций в реальном выражении, где подтверждается гипотеза о сильном влиянии нефтяных цен на валютный курс. Однако в данной спецификации отсутствуют финансовые факторы.

Интересными также являются исследования, нацеленные на оценку «справедливого» валютного курса. Так аналитиками Sberbank CIB [29] предложена методика оценки расчёта значений валютного курса как отношение денежной массы (агрегат M2) к золотовалютным резервам. Авторы отмечают, что эту оценку нельзя использовать для прогноза, но её можно применять как верхнюю границу, которой могут достичь котировки валютного курса. Заметно, что в кризисы 2008-2009 и 2014 годов, валютный курс максимально приближался к этому фундаментально обоснованному курсу. Данный факт заставляет задуматься об использовании потенциального уровня валютного курса при прогнозировании. Однако при этом его обязательно нужно использовать в сочетании с другими факторами, поскольку помимо кризисов в экономике наблюдаются и периоды роста, в которых справедливый и фактический курс значительно отклоняются друг от друга.

Таким образом, анализ подходов к моделированию валютного курса позволяет сделать следующие выводы:

- для моделирования и прогнозирования валютного курса необходимо использовать факторные модели;
- в модель необходимо включить факторы, характеризующие валюту как финансовый актив;
- в модели необходимо использовать цену на нефть;
- в модели необходимо использовать потенциальный (фундаментально обоснованный, расчётный, справедливый, долгосрочный) уровень валютного курса.

Обычно в DSGE-моделях для моделирования валютного курса используется правило, основанное на покрытом/непокрытом паритете процентных ставок [102]. Однако в случае России, это оказывается недостаточным, поскольку Россия является экспортно-ориентированной ресурсодобывающей страной, где доходы бюджета, прибыль реального сектора и даже благосостояние населения так или иначе во многом определяется ценой на главный экспортный ресурс. В этих условиях властям приходится следить за ценой главного экспортного ресурса – нефти Urals – в рублёвом эквиваленте. Зачастую долгие месяцы эта цена держится на фиксированном уровне. Поэтому курс рубля к доллару предполагается высчитывать исходя из данной величины.

Математически получение конечной спецификации уравнения стало возможным благодаря применению принципа, лежащего в основе операционного исчисления – метода, позволяющего решать сложные задачи с помощью весьма простых средств.

То есть анализ динамики валютного курса рубля на ретроспективе показал, что колебания российской валюты обладают сильной волатильностью, в следствие чего получение точных прогнозов напрямую по данному показателю является трудновыполнимой задачей.

Поэтому подобно переходу от оригиналов к изображениям был сделан переход от курса к цене на нефть в рублях (путем умножения известных ретроспективных данных по валютному курсу и цене на нефть в долларах). Анализ ретроспективных данных этого показателя показал, что цена на нефть в рублях довольно продолжительное время находится на стабильных уровнях. Именно эта закономерность данного расчетного показателя и позволяет получать прогнозы по валютному курсу не напрямую, а через смежный с ним показатель.

На периоде идентификации происходит вычисление цены на нефть в рублях:

$$OilRur_t = Oil_t * er_t, \quad (17)$$

где $OilRur_t$ – цена на нефть Urals в рублях за баррель в момент времени t ;

Oil_t – цена на нефть Urals в долларах за баррель в момент времени t ;

er_t – номинальный курс рубля за 1 доллар США в момент времени t .

Далее с помощью фильтра Ходрика-Прескотта происходит выделение долгосрочной составляющей:

$$OilRuR_t = \overline{OilRuR}_t + \widehat{OilRuR}_t, \quad (18)$$

где \overline{OilRuR}_t – долгосрочный уровень цены на нефть Urals в рублях за баррель в момент времени t ;

\widehat{OilRuR}_t – нерегулярная компонента цены на нефть Urals в рублях за баррель в момент времени t .

Процесс установления долгосрочного уровня рублёвой цены на нефть характеризуется инерционностью, поскольку резкое изменение может угрожать стабильности финансово-экономической системы, что противоречит функциям ЦБ. Также поскольку данный показатель выражен в рублях, то долгосрочный уровень зависит от уровня цен в экономике. Однако поскольку с нефтью в основном работает реальный сектор экономики, то инфлирование происходит в зависимости от индекса цен производителей промышленной продукции, а не от индекса потребительских цен. Кроме,

того управляющее воздействие на цену на нефть в рублях может оказывать ЦБ, меняя ключевую ставку. Разница между мировой и национальной ставками, регулирует потоки капитала и также оказывает влияние на рублёвую цену нефти (Таблица 2):

$$\left(\frac{\overline{OilRuR}_t}{\overline{OilRuR}_{t-12}} - 1\right) * 100 = -33.14 + 1.04 * (i_t^* - i_t) + 0.38 * PPI_t + 0.98 * AR(1), \quad (19)$$

где i_t^* – мировая ставка процента (учётная ставка ФРС США) в момент времени t ;

PPI_t – индекс цен производителей промышленной продукции в момент времени t ;

$AR(1)$ – авторегрессор первого порядка.

Таблица 2. Спецификация модели долгосрочного уровня цены на нефть в рублях

	Значение	SE	t	p
$(i_t^* - i_t)$	1,04	0,48	2,17	0,03
PPI_t	0,38	0,08	4,75	0,00
$Const$	-33.14	16,29	-2,03	0,04
$AR(1)$	0,98	0,02	51,91	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,97 R² 0,97

На периоде прогнозирования затем происходит обратное преобразование и расчёт курса национальной валюты:

$$er = \frac{\overline{OilRuR}_t + \widehat{OilRuR}_t}{Oil_t}. \quad (20)$$

Нерегулярная компонента в данном случае может расцениваться как внешнее воздействие, оказывающее влияние на валютный курс.

Далее высчитывается реальный курс:

$$rer_t = er_t + \pi_t^* - \pi_t, \quad (21)$$

где rer_t – реальный курс рубля за 1 доллар США в момент времени t ;

π_t^* – долларовая инфляция (индекс потребительских цен США) в момент времени t ;

π_t – индекс потребительских цен РФ в момент времени t .

На основе этого высчитываются отклонения реального курса рубля за доллар США от долгосрочного уровня (на факте с помощью фильтра Ходрика-Прескотта выделяются долгосрочный уровень и нерегулярная компонента, на прогнозном периоде долгосрочный уровень экстраполируется либо задаётся экзогенно):

$$\widehat{rer}_t = rer_t - \overline{rer}_t, \quad (22)$$

где \overline{rer}_t – долгосрочный уровень реального курса рубля за 1 доллар США в момент времени t ;

\widehat{rer}_t – нерегулярная компонента реального курса рубля за 1 доллар США в момент времени t .

Таким образом, с теоретической точки зрения все включенные в модель обменного курса рубля факторы имеют обоснование. Из-за того, что Россия является страной, извлекающей большую часть своих доходов из экспорта нефти, то для обеспечения финансовой стабильности ЦБ вынужден следить, чтобы цена на нефть в рублях была близкой к заложенным в бюджете числам. Поэтому при падении цен на нефть происходит обесценение валютного курса и наоборот.

С другой стороны, разница в отечественной и зарубежной ставках процента оказывает влияние на перетоки капитала, характеризуя спрос на российские активы со стороны зарубежных стран, что также оказывает свое влияние на курс.

На валютный курс также оказывают влияние и инфляционные процессы. Для учёта этих процессов в модели был использован индекс цен производителей.

Кроме того, для финансовой стабильности и уверенности экономических агентов в национальной валюте ЦБ вынужден сглаживать колебания, поэтому для учёта инерционности процессов в модель была добавлена авторегрессионная составляющая.

Известно, что в соответствии с классическими положениями экономической теории на валютный курс оказывает влияние товарное

предложение внутри страны. Однако эконометрические исследования профессора РАНХиГС Р.М. Мельникова (39) показывают, что вследствие сырьевого характера экономики России основным обеспечением рубля является приток экспортной валютной выручки, который зависит от конъюнктуры внешних рынков. В то же время мировые цены на сырье обладают высокой корреляцией, поэтому из них в модель включена цена на товар, к которой экономика России наиболее чувствительна, – цена на нефть. Однако при этом информация о других товарах, производимых в России, в неявном виде учтены в модели через индекс цен производителей.

2.1.6 Калибровка параметров уравнений динамической стохастической модели общего равновесия

Для практического использования DSGE-моделей необходимо оценить параметры модели. Для этого была проведена их калибровка (Таблица 3, Таблица 4, Таблица 5). При этом учитывались диапазоны значений параметров, рекомендованные зарубежными исследователями [102]. Калибрация параметров модели проводилась таким образом, чтобы наиболее точно аппроксимировать ретроспективные данные ключевых макроэкономических переменных (валовой внутренний продукт, индекс потребительских цен, валютный курс, ключевая ставка) на периоде 2000-2016 гг.

Можно заметить, что множество параметров отклоняются от значений, используемых в западных моделях, что, вероятно, связано с кризисными явлениями, постигших экономику России в 2014 году [73]. После так называемого «чёрного вторника» декабря 2015 года, когда курс национальной валюты и ключевая ставка резко возросли, экономические власти стали принимать решения, направленные на стабилизацию экономических условий в целях недопущения паники населения и прочих экономических агентов. Вследствие этого параметры, отвечающие за инерционность показателей, приобрели значения близкие к верхней границе, а параметры, отвечающие за влияние прочих переменных значений,

снизились и многие даже вышли за границы своих рекомендованных диапазонов. Иначе, при сохранении значений параметров, удовлетворяющих области значений западных экономик, модель бы показывала, что ЦБ необходимо и дальше повышать ключевую ставку для борьбы с чрезмерным ростом цен и стоимости иностранных валют; что экспортно-ориентированная экономика России будет расти вследствие девальвационного эффекта; инфляция будет расти и расти, не достигнув своего пика до выхода из кризиса. Все перечисленные условия не наблюдаются в текущих условиях, поэтому значения параметров и далеки от аналогичных значений западных моделей.

Таблица 3. Значения параметров DSGE-модели кривой «инвестиции-сбережения»

Параметр	Описание	Диапазон изменения	Значение
Моделирование отклонений от ВВП (Уравнение IS)			
a_1	Постоянство отклонений ВВП	[0.1; 0.95]	0.9
a_2	Влияние монетарных условий на реальную экономику	[-0.5; -0.1]	-0.05
a_3	Значимость ставки процента в монетарной политике	[0.3; 0.8]	0.95

Если рассматривать отдельно каждое уравнение, то в модели для ВВП вследствие санкций со стороны ряда зарубежных стран, ухудшивших торговые отношения России с внешним миром, замедлением темпов роста стран-партнёров России, беспрецедентно высокой стоимости кредитов внутри страны резко упала значимость валютного курса и соответственно возросла ценность процентной ставки. Это обуславливает столь высокое значение соответствующего параметра a_3 . В то же время по тем же причинам снижено влияние монетарных условий на экономику РФ (параметр a_2), а использование накопленных технологий производства приобретает большой вес (a_1).

Таблица 4. Значения параметров DSGE-модели новокейнсианской кривой Филлипса

Параметр	Описание	Диапазон изменения	Значение
Моделирование инфляции (новокейнсианская кривая Филлипса)			
b_1	Инерционность цен	[0.4; 0.9]	0.9
b_2	Влияние издержек	[0.05; 0.4]	0.01
b_3	Доля отечественной продукции	[0.3; 0.9]	0.56
λ_π	Сглаживание инфляционных ожиданий	[0; 1]	0.48

Что касается модели для инфляции: доля отечественной продукции (b_3) взята из официальных статистических источников⁴. Высокое значение инерционности цен (b_1) и низкое значение влияние издержек (b_2) обусловлены замедлением инфляции даже несмотря на высокие темпы девальвации (например, в середине 2015 года инфляция замедлялась, несмотря на высокий темп прироста валютного курса), что вызвано завершением эффекта переноса изменения валютного курса на внутренние цены и последующей стабилизацией цен, вызванной в том числе риторикой официальных властей РФ, преследующих цель недопущения волнения среди населения. Значение параметра (λ_π), отвечающего за сглаживание инфляционных ожиданий, выбрано также для того, чтобы приблизить модельные прогнозы к фактически наблюдаемым условиям. Его значения оказалось близко к середине допустимого диапазона, что может свидетельствовать о том, что властям удалось стабилизировать ожидания потребителей и уменьшить панические настроения в обществе.

Таблица 5. Значения параметров DSGE-модели для правила Тейлора

Параметр	Описание	Диапазон изменения	Значение
Моделирование ставки процента (Правило Тейлора)			
f_1	Инерционность процентной ставки	[0; 0.8]	0.8
f_2	Влияние отклонения ожидаемой	[0.3; 1]	0.1

⁴ <http://www.fedstat.ru/indicator/data.do?id=37165>

Параметр	Описание	Диапазон изменения	Значение
	инфляции от целевого уровня		
f_3	Влияние отклонения ВВП от устойчивого состояния	[0.3; 1]	0.7
f_4	Влияние отклонения валютного курса от устойчивого состояния	[0.3; 1]	0.1

Касательно правила Тейлора можно отметить, то ЦБ в целях недопущения возникновения новых волнений вынужден очень осторожно и постепенно менять значения процентных ставок. Это обуславливает высокое значение параметра, отвечающего за инерционность процентной ставки (f_1). Если говорить о прочих параметрах данной модели, то они устанавливают приоритеты в целях Банка России. Весь 2014 год ответственным за денежно-кредитную политику ЦБ была Ксения Юдаева, явно пропагандировавшая переход России к политике инфляционного таргетирования, что и привело к резкому росту процентной ставки в конце 2014 года. Однако в начале 2015 году её сменил Дмитрий Тулин с целью успокоить российское население и бизнес-сообщество. Поэтому, учитывая, что всё первое полугодие 2015 года ключевая ставка перманентно снижалась, в то время как инфляция и валютный курс сохраняли высокое значение, то единственным мотивом понижения может являться лишь серьёзное отрицательное отклонение ВВП от его равновесного значения, поэтому в модели значение параметра (f_3), отвечающего за влияние ВВП на процентную ставку завышено, а значения параметров, отвечающих за инфляцию (f_2) и валютный курс (f_4) занижены.

2.2. Эконометрические уравнения

2.2.1. Уравнения для блока цен

Индекс цен производителей промышленной продукции

На индекс цен производителей промышленной продукции (Таблица 6) оказывают положительное влияние мировые цены на продовольственные товары, скорректированные на значение валютного курса. Также положительное воздействие оказывает темп роста денежной массы в экономике. Кроме того, в модели учтена жёсткость цен производителей –

нежелание резкой смены цен, а постепенное приспособление к новым экономическим условиям.

$$PPI_t = 1.52 + 0.08 * \left(\frac{M2_t}{M2_{t-12}} - 1 \right) * 100 + 0.09 * \left(Food_t * \frac{er_t}{er_{t-12}} \right) + 0.81 * PPI_{t-1}, \quad (23)$$

где $M2_t$ – темп роста денежной массы в момент времени t ;

$Food_t$ – индекс мировых цен на продовольственные товары в момент времени t .

Таблица 6. Спецификация модели индекса цен производителей

	Значение	SE	t	P
PPI_{t-1}	0,81	0,04	19,05	0,00
$\left(\frac{M2_t}{M2_{t-12}} - 1 \right) * 100$	0,08	0,02	3,64	0,00
$Food_t * \frac{er_t}{er_{t-12}}$	0,09	0,02	3,46	0,00
const	1,52	4,53	0,34	0,74

Статистические характеристики:

AdjR² 0,85 R² 0,86

Базовый индекс потребительских цен

Согласно методологическим рекомендациям Росстата: базовый индекс потребительских цен является одним из составляющих индекса потребительских цен, но исключает краткосрочные неравномерные изменения цен под влиянием отдельных факторов, которые носят административный, событийный, а также сезонный характер. В силу того, что БИПЦ это часть ИПЦ, то он моделируется от инфляции. Также в модели присутствуют фактор, характерный для всех ценовых показателей: валютный курс, – который позволяет учесть рост цен на импортные товары. Также учитывается жёсткость цен (Таблица 7).

$$BCPI_t = 30.35 + 0.74 * \pi_t + 0.01 * \left(\frac{er_t}{er_{t-12}} - 1 \right) * 100 + 0.99 * AR(1), \quad (24)$$

где $BCPI_t$ – базовый индекс потребительских цен в момент времени t .

Таблица 7. Спецификация модели базового индекса потребительских цен

	Значение	SE	T	p
π_t	0,74	0,02	17,59	0,00
AR(1)	0,99	0,02	47,59	0,00
$\left(\frac{er_t}{er_{t-12}} - 1\right) * 100$	0,01	0,00	0,22	0,82
const	30,35	6,82	4,45	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,99 R² 0,99

2.2.2. Уравнения для реального сектора

Индексы промышленного производства

Поскольку большинство крупных отечественных предприятий ориентировано на экспорт, то в модель оказались включены факторы, связанные с внешнеторговой деятельностью: цена на нефть, на металлы, валютный курс. Кроме того, в модель включены инвестиции в основной капитал – как один из самых фундаментальных факторов, влияющего на производство. Также в модели отражено влияние денежного рынка на реальный сектор с помощью включения в спецификацию темпа роста денежной массы. Кроме того, в спецификацию включен авторегрессор, поскольку предприятия зачастую не в состоянии резко сократить/увеличить выпуск продукции (Таблица 8).

$$PI_t = 63.14 + 0.06 * (Metal_t) + 0.02 * \left(\frac{Oil_t * er_t}{Oil_{t-12} * er_{t-12}} - 1\right) * 100 + 0.31 * I_t + 0.76 * AR(1), \quad (25)$$

где PI_t – индекс промышленного производства в момент времени t ;

$Metal_t$ – индекс мировых цен на металлы в момент времени t .

Таблица 8. Спецификация модели индекса промышленного производства

	Значение	SE	t	p
$\left(\frac{Oil_t * er_t}{Oil_{t-12} * er_{t-12}} - 1\right) * 100$	0,02	0,01	1,54	0,13
$(Metal_t)$	0,06	0,02	3,38	0,00

I_t	0,31	0,04	8,71	0,00
const	63.14	4,00	15,79	0,00
AR(1)	0,76	0,05	15,20	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,88 R² 0,88

Оборот розничной торговли

На рынке розничной торговли представлены товары отечественного и импортного производства. Поэтому в модели представлены индекс промышленного производства и импорт. Кроме того, спрос на эту продукцию проявляет население, поэтому в модели присутствует реальная заработная плата. Также в модели учтена инерционность, связанная с тем, что потребители постепенно меняют свои потребительские корзины при изменении экономических условий (Таблица 9).

$$Retail_t = -1.36 + 0.02 * \left(\frac{Im_t * er_t}{Im_{t-12} * er_{t-12}} - 1 \right) * 100 + 0.09 * PI_{t-1} + 0.15 * RW_t + 0.77 * Retail_{t-1}, \quad (26)$$

где $Retail_t$ – оборот розничной торговли в момент времени t ;

Im_t – импорт товаров в момент времени t ;

RW_t – реальная начисленная среднемесячная заработная плата в момент времени t .

Таблица 9. Спецификация модели оборота розничной торговли

	Значение	SE	T	p
PI_{t-1}	0,09	0,03	3,24	0,00
$Retail_{t-1}$	0,77	0,04	21,71	0,00
$\left(\frac{Im_t * er_t}{Im_{t-12} * er_{t-12}} - 1 \right) * 100$	0,02	0,01	1,99	0,05
RW_t	0,15	0,03	5,46	0,00
const	-1,36	3,30	-0,41	0,68

Статистические характеристики:

AdjR² 0,95 R² 0,95

Инвестиции в основной капитал

В модель включены кредиты в качестве основного источника финансирования предприятий. Также в модель включена ставка по кредитам в качестве меры стоимости денег в экономике. Кроме того, в модели учтена инерционность изменения инвестиций, поскольку для сворачивания/развёртывания инвестиционных проектов компаниям нужно определённое время. Кроме того, на увеличении инвестиций может сказываться увеличение денег в экономике (Таблица 10).

$$I_t = 31.52 + 0.05 * \left(\frac{Credit_t}{Credit_{t-12}} - 1 \right) * 100 - 0.75 * i_t^{Cr} + 0.2 * \left(\frac{M2_t}{M2_{t-12}} - 1 \right) * 100 + 0.53 * I_{t-1}, \quad (27)$$

где i_t^{Cr} – ставка по кредитам в момент времени t .

Таблица 10. Спецификация модели инвестиций в основной капитал

	Значение	SE	t	P
$\left(\frac{M2_t}{M2_{t-12}} - 1 \right) * 100$	0,20	0,03	6,77	0,00
I_{t-1}	0,53	0,06	8,77	0,00
$\left(\frac{Credit_t}{Credit_{t-12}} - 1 \right) * 100$	0,05	0,03	1,90	0,06
i_t^{Cr}	-0,75	0,15	-4,90	0,00
const	31,52	5,88	5,36	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,87 R² 0,87

Грузооборот транспорта

Грузооборот положительно зависит от промышленного производства - как от количества товаров, которое необходимо перевезти с одного производства на другое, либо в пункты продажи. В то же время данный показатель отрицательно зависит от тарифов на грузовые перевозки, выступающего в качестве цены за перевоз товаров (Таблица 11).

$$Freight_t = 65.58 + 0.41 * PI_t - 0.05 * tariff_{t-1}^{freight} + 0.81 * AR(1), \quad (28)$$

где $Freight_t$ – грузооборот транспорта в момент времени t ;

$tariff_t^{freight}$ – тариф на грузовые перевозки в момент времени t .

Таблица 11. Спецификация модели грузооборота транспорта

	Значение	SE	T	p
PI_t	0,41	0,07	5,55	0,00
$tariff_{t-1}^{freight}$	-0,05	0,04	-1,36	0,18
const	65,58	9,45	6,94	0,00
AR(1)	0,81	0,05	16,15	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,83 R² 0,84

Объем работ по виду деятельности «Строительство»

Строительство является отраслью, крайне зависящей от инвестиций в неё, поэтому его динамика почти полностью совпадает с динамикой инвестиций. Кроме того, в модели учтена цена кредитов с помощью реальной ставки по кредитам (Таблица 12):

$$Construction_t = 49.91 - 32.83 * \left(\frac{100 + i_t^{Cr}}{\pi_t} \right) + 0.83 * I_t, \quad (29)$$

где $Construction_t$ – объем работ по виду деятельности «Строительство» в момент времени t .

Таблица 12. Спецификация модели объема работ по виду деятельности "Строительство"

	Значение	SE	t	p
I_t	0,83	0,03	28,9	0,00
$\left(\frac{100 + i_t^{Cr}}{\pi_t} \right)$	-32,83	11,73	-2,8	0,01
const	49,91	13,16	3,79	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,84 R² 0,84

2.2.3. Уравнения для домашних хозяйств

Уровень безработицы

Безработица моделируется от реальной заработной платы, поскольку, чем выше уровень зарплаты, тем ниже желание населения не работать. Также в модели учтена инерционность и сезонность изменения данного показателя (Таблица 13).

$$U_t = 1.94 - 0.01 * RW_t + 0.9 * U_{t-1} + 0.62 * AR(12), \quad (30)$$

где U_t – уровень безработицы в момент времени t ;

Таблица 13. Спецификация модели уровня безработицы

	Значение	SE	t	p
U_{t-1}	0,91	0,03	30,75	0,00
RW_t	-0,01	0,00	-3,29	0,00
const	1,94	0,51	3,82	0,00
AR(12)	0,62	0,06	10,03	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,96 R² 0,96

Реальная начисленная среднемесячная заработная плата одного работника

Заработная плата зависит от темпа роста экономики, а также зависит от кредитов, поскольку российские предприятия для выплаты зарплаты сотрудникам берут кредиты в банках. Также в спецификации учтена жёсткость заработных плат (Таблица 14).

$$RW_t = 21.39 + 0.23 * y_t + 0.04 * \left(\frac{Credit_t}{Credit_{t-12}} - 1 \right) * 100 + 0.78 * RW_{t-1}. \quad (31)$$

Таблица 14. Спецификация модели реальной начисленной среднемесячной заработной платы одного работника

	Значение	SE	t	P
y_t	0,23	0,05	4,26	0,00

RW_{t-1}	0,78	0,08	15,80	0,00
$\left(\frac{Credit_t}{Credit_{t-12}} - 1\right) * 100$	0,04	0,02	2,34	0,02
Const	21,39	4,90	4,37	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,89 R² 0,90

2.2.4. Уравнения для внешней торговли

Экспорт товаров

Величина экспорта определяется мировыми ценами на основные экспортные товары: нефть, металлы. Также к увеличению экспорта может приводить девальвация национальной валюты (Таблица 15).

$$\left(\frac{Ex_t}{Ex_{t-12}} - 1\right) * 100 = -31.79 + 0.37 * Metal_t + 0.31 * \left(\frac{Oil_t * er_t}{Oil_{t-12} * er_{t-12}} - 1\right) * 100 + 0.75 * AR(1), \quad (32)$$

где Ex_t – экспорт товаров в момент времени t .

Таблица 15. Спецификация модели экспорта товаров

	Значение	SE	T	p
$\left(\frac{Oil_t * er_t}{Oil_{t-12} * er_{t-12}} - 1\right) * 100$	0,37	0,07	4,73	0,00
$Metal_t$	0,31	0,09	4,07	0,00
Const	-31,79	10,13	-3,14	0,00
AR(1)	0,42	0,05	14,22	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,83 R² 0,83

Импорт товаров

Отечественное производство завязано на импортные комплектующие, поэтому объём импорта связан с объёмом производства. Также спрос на импортные товары зависит от доходов населения, которое их приобретает. Кроме того, на покупательную способность импортных товаров влияет валютный курс. Также в модели учтена цена кредитов, поскольку импортные

товары обычно дороже отечественных и для их покупки требуются дополнительные денежные средства (Таблица 16).

$$\left(\frac{Im_t}{Im_{t-12}} - 1\right) * 100 = -200.79 + 1.54 * (PI_{t-1}) + 0.67 * (RW_{t-1}) - 0.56 * \left(\frac{er_t}{er_{t-12}} - 1\right) * 100 - 1.12 * i_t^{Cr}. \quad (33)$$

Таблица 16. Спецификация модели импорта товаров

	Значение	SE	t	p
i_t^{Cr}	-1,12	0,47	-2,40	0,02
(RW_{t-1})	0,67	0,19	3,56	0,00
(PI_{t-1})	1,54	0,22	7,11	0,00
$\left(\frac{er_t}{er_{t-12}} - 1\right) * 100$	-0,56	0,08	-7,00	0,00
Const	-200,79	24,92	-8,06	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,81 R² 0,82

Золотовалютные резервы

Изменение ЗВР вызывается изменением торгового баланса (Таблица 17).

$$\left(\frac{FR_t}{FR_{t-1}} - 1\right) * 100 = 5.76 + 0.04 * \left(\frac{Ex_t - Im_t}{Ex_{t-12} - Im_{t-12}} - 1\right) * 100 + 0.96 * AR(1), \quad (34)$$

где FR_t – золотовалютные резервы в момент времени t ;

$Finance_t$ – финансовый счёт платёжного баланса в момент времени t .

Таблица 17. Спецификация модели золотовалютных резервов

	Значение	SE	t	p
$\left(\frac{Ex_t - Im_t}{Ex_{t-12} - Im_{t-12}} - 1\right) * 100$	0,04	0,02	2,35	0,02
Const	5,76	13,91	0,41	0,68
AR(1)	0,96	0,02	63,71	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,96 R² 0,96

2.2.5. Уравнения для банковского сектора

Ставка по кредитам нефинансовым организациям

Ставка по кредитам коммерческих банков зависит от ключевой ставки ЦБ и обладает свойством жёсткости изменения (Таблица 18).

$$i_t^{Cr} = 5.45 + 0.86 * i_t + 0.9 * AR(1). \quad (35)$$

Таблица 18. Спецификация модели ставки по кредитам нефинансовым организациям

	Значение	SE	t	p
i_t	0,86	0,07	11,91	0,00
const	5,45	0,68	8,05	0,00
AR(1)	0,90	0,04	24,67	0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,95 R² 0,95

Объём кредитов, депозитов и прочих размещённых средств, предоставленных организациям, физическим лицам и кредитным организациям

Объём кредитов зависит от процентной ставки, являющейся ценой заёмных денег, а также от темпов роста промышленного производства, являющегося основным потребителем кредитных ресурсов (Таблица 19).

$$\left(\frac{Credits_t}{Credits_{t-12}} - 1 \right) * 100 = -16.03 + 0.17 * PI_{t-1} - 0.11 * i_t^{Cr} + 0.97 * \left(\frac{Credits_{t-1}}{Credits_{t-13}} - 1 \right) * 100. \quad (36)$$

Таблица 19. Спецификация модели объёма кредитов

	Значение	SE	t	p
PI_{t-1}	0,17	0,04	4,08	0,00
i_t^{Cr}	-0,11	0,10	-1,04	0,30
$\left(\frac{Credits_{t-1}}{Credits_{t-13}} - 1 \right) * 100$	0,97	0,01	74,81	0,00

Const -16,03 4,96 -3,23 0,00

Статистические характеристики:

AdjR² 0,98 R² 0,98

Таким образом, взаимодействие основных показателей модели можно представить в виде следующей концептуальной схемы (Рис. 2):

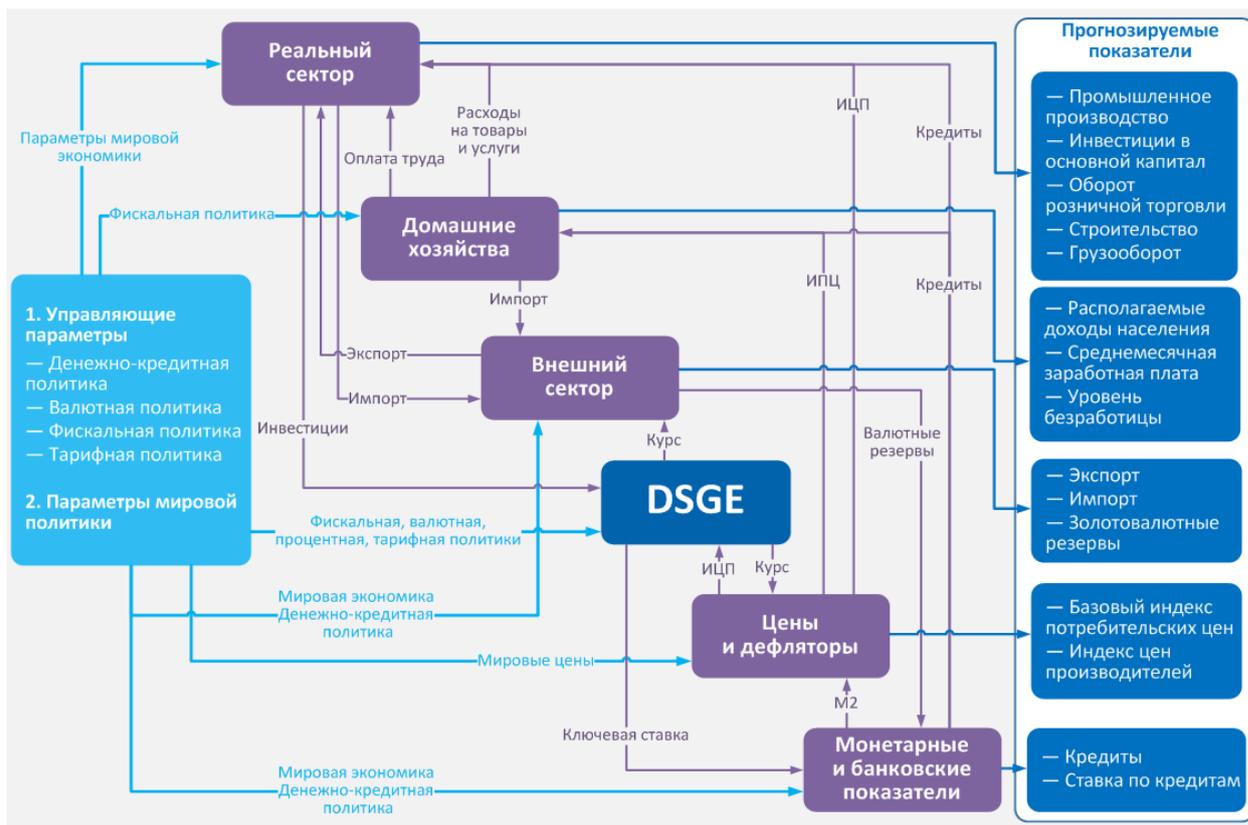


Рис. 2. Концептуальная схема взаимодействия показателей модели

При этом ядро модели – блок с уравнениями DSGE-модели – можно представить в следующем виде (Рис. 3):

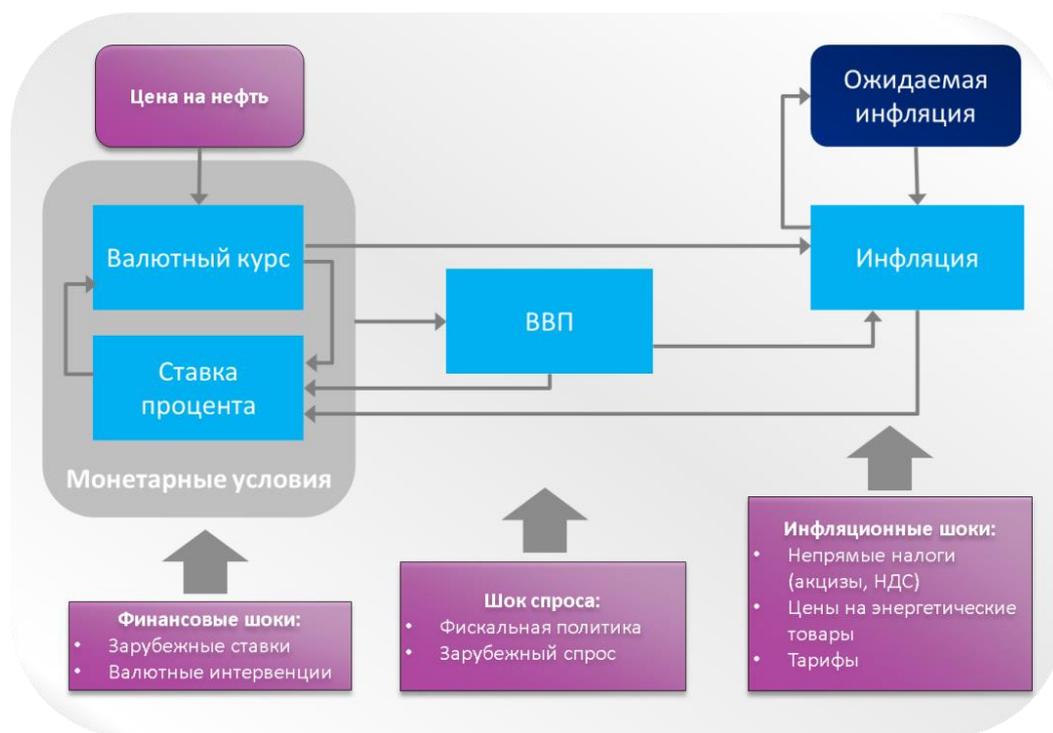


Рис. 3. Концептуальная схема взаимодействия показателей DSGE-модели

Выводы второй главы

– Построена динамическая стохастическая модель общего равновесия России в месячной динамике, адаптированная к современным национальным условиям. В частности, гипотеза рациональных ожиданий заменена адаптивными ожиданиями, подходящими к условиям экономик с часто меняющимися условиями развития, в которых экономические агенты не могут точно предсказывать будущее события. Также использован модифицированный вариант правила Тейлора, учитывающий валютный курс в качестве одной из цели монетарной политики, и выведено собственное правило для моделирования валютного курса от цен на нефть, в конечном счёте, играющей важную роль для состояния всех секторов экономики России. Кроме того, в модели используется уравнение Фишера для условий высокой инфляции, наблюдаемой в России.

– DSGE-модель в своей минимально допустимой конфигурации расширена блоком цен, домашних хозяйств, внешнего и банковского секторов с помощью эконометрического аппарата, что позволило более

детально спрогнозировать показатели экономического развития российской экономики.

III. Краткосрочное прогнозирование макроэкономических процессов России на основе DSGE-модели

3.1. Программное обеспечение модели

Все рассмотренные DSGE-модели были построены в программе Dynare [50], являющегося специальной надстройкой над MATLAB для построения динамических стохастических моделей общего равновесия. Программа позволяет заводить спецификации уравнений, оценивать их параметры, проводить расчёт импульсных функций, осуществлять прогнозирование, отображать результаты в графическом представлении. Однако для использования всего спектра имеющихся возможностей необходимо овладеть всеми специфическими математическими обозначениями и функциями Dynare.

Поэтому было принято решение о создании специальной информационной системы, которая бы позволила реализовывать DSGE-модель для прогнозирования монетарных и макроэкономических процессов в Российской Федерации и проведения сценарного анализа основных взаимосвязей указанных секторов экономики.

В рамках данной задачи должен быть реализован функционал, обеспечивающий выполнение следующих функций:

- прогнозирование показателей макроэкономического развития в месячной динамике на базе DSGE-модели;
- просмотр и редактирование созданных моделей;
- редактирование значений сценарных параметров;
- создание пользователем собственных сценариев прогнозирования;
- оценка чувствительности показателей макроэкономического развития к мерам государственной политики;
- формирование отчетных форм, содержащих входные переменные и результаты прогнозирования;
- возможность экспорта отчетных форм во внешние форматы: XLS, DOC, PDF.

Для реализации перечисленных требований, в качестве основы было принято решение о реализации DSGE-модели в комплексе Prognoz Platform [49]. Данный программный продукт по оценкам авторитетного в области информационных технологий агентства Gartner входит сразу в два квадрата крупнейших и успешнейших производителей программного обеспечения: в квадрат производителей бизнес-аналитики и аналитических платформ [106] и в квадрат производителей платформ с углубленной бизнес-аналитикой [93]. Кроме того, важно отметить, что указанный продукт является отечественной разработкой, что приобретает особую значимость в свете политики импортозамещения информационных технологий [46].

В результате на основе BI-платформы Prognoz Platform 7 был создан программный комплекс, объединяющий современные технологии хранения, визуализации, анализа данных, а также возможность осуществления макроэкономического моделирования и прогнозирования.

По структуре созданный комплекс для построения DSGE-моделей включает в себя следующие ключевые модули: единое хранилище данных, модуль моделирования и прогнозирования экономического развития, модуль визуализации информации и формирования отчётности. Кроме того, все эти модули объединены общим доступным пользовательским интерфейсом для работы с программным комплексом.

Централизованная база данных выполняет функции хранения исходных ретроспективных данных, необходимых для DSGE-моделирования, и сохранения расчетных прогнозных данных, а также является поставщиком данных для прочих модулей. Для доступа к базе данных реализованы программные интерфейсы, позволяющие на каждом этапе моделирования обходиться без знаний языков программирования. Подсистема вычисления модели содержит библиотеку методов, необходимых для DSGE-моделирования (фильтрация, оценка/калибровка параметров, разрешение линейных/нелинейных систем уравнений с опережающими/запаздывающими уравнениями), что обеспечивает гибкость построения любых DSGE-моделей

(без ограничений на типы ожиданий экономических агентов, характер зависимости показателей, метода оценки параметров, типа фильтров). На вход в процедуру вычисления, кроме самой модели, поступают входные данные по сценариям из централизованной базы данных. Результаты вычисления поступают в централизованную базу данных и на их основе могут строиться как динамические, так и статичные отчеты.

Стартовая страница для работы с системой как раз и представляет собой объединение воедино всех функциональных блоков системы:

- базы данных социально-экономической статистики;
- преобразование данных;
- отчёты с входными данными;
- граф ядра модели;
- отчёты с выходными данными.

Со стартовой страницы можно свободно переходить к любому из разработанных модулей (Рис. 4):

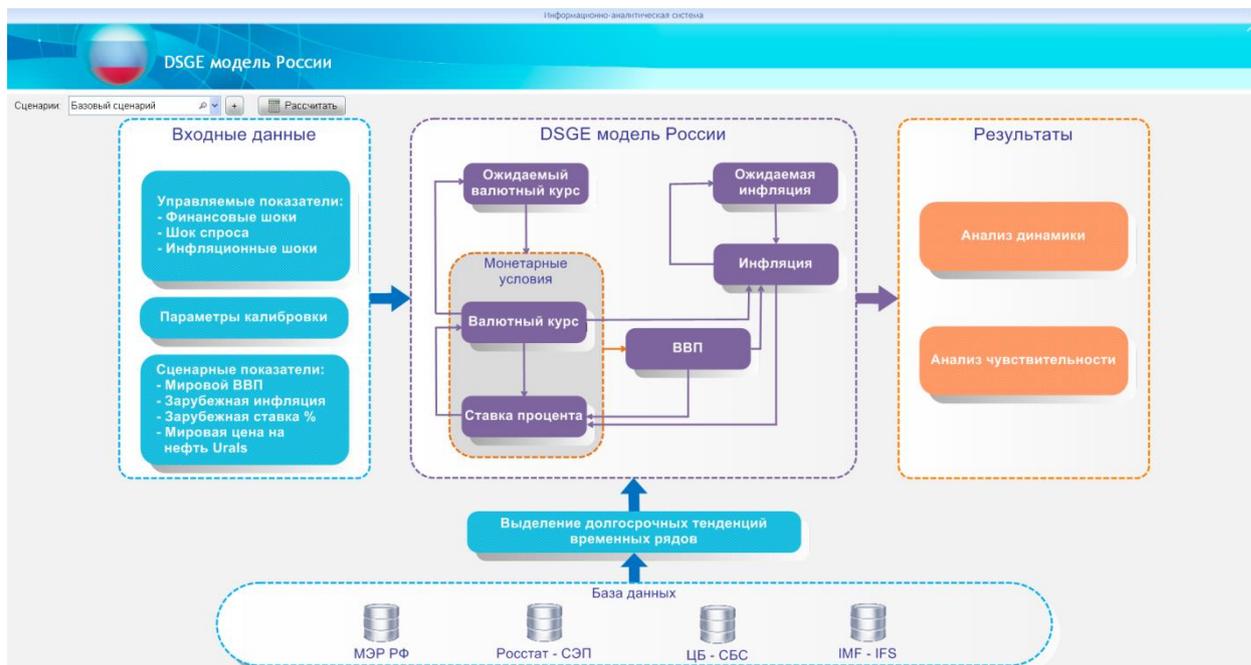


Рис. 4. Стартовая страница программного комплекса для построения DSGE-моделей

В модуле с хранилищем данных обеспечивается автоматизированный сбор статистической информации. В рамках рассматриваемого комплекса

хранилище данных предназначено для хранения достоверной информации по макроэкономике по следующим источникам:

- Министерство экономического развития РФ;
- Центральный Банк РФ;
- Росстат;
- International Monetary Fund – International Financial Statistics.

В модуле моделирования и прогнозирования осуществляются первоначальная обработка данных: выделение долгосрочных тенденций временных рядов и расчёт отклонений от них, а также непосредственно ввод спецификаций DSGE-моделей.

Инструмент использует информацию из единого хранилища данных, и сохраняет результаты расчётов в базе данных в сценарном разрезе.

Для выделения долгосрочных тенденций временных рядов могут использоваться:

- фильтр Ходрика-Прескотта;
- фильтр Бакстера-Кинга;
- LRX-фильтр;
- фильтр Калмана;
- экстраполяционные модели.

Для оценивания моделей могут применяться различные методы оценивания:

1. метод наименьших квадратов;
2. метод максимального правдоподобия;
3. байесовское оценивание.

Модуль визуализации данных и формирования отчётов содержит инструментальные средства визуализации входной и выходной информации в форме оперативной или регламентной отчетности.

В системе есть ряд предустановленных отчётов, демонстрирующих различные входные и выходные формы.

Так в системе есть отчёт с откалиброванными параметрами модели (Рис. 5):

Параметры DSGE-модели России			
№	Параметр	Описание	Значение
Моделирование отклонений от ВВП (Уравнение IS)			
1	GDP_gap_persistence	Постоянство отклонений ВВП	0,52
2	Monetary_condition	Влияние монетарных условий на реальную экономику	-0,04
3	GDP_foreign	Влияние зарубежного спроса	0,48
4	Interest_weight	Значимость ставки % в монетарной политике	0,80
Моделирование инфляции (Кривая Филлипса)			
5	Inflation_persistence	Постоянство инфляции	0,50
6	Marginal_cost	Влияние издержек	0,03
7	Domestic_goods_weight	Доли отечественной продукции	0,60
8	Inflation_expectation_smooth	Сглаживание инфляционных ожиданий	0,34
Моделирование ставки % (правило Тейлора)			
9	Interest_persistence	Постоянство процентной политики	0,75
10	Inflation_to_interest	Влияние отклонения ожидаемой инфляции от целевого уровня	0,50
11	GDP_to_interest	Влияние отклонения ВВП от устойчивого состояния	0,50
12	Exchange_rate_to_interest	Влияние отклонения валютного курса от устойчивого состояния	0,50
Моделирование обменного курса (Непокрытый паритет процентных ставок)			
13	Exchange_rate_flexibility	Гибкость валютного рынка	0,51
14	Exchange_rate_expectation_smooth	Сглаживание валютных ожиданий	0,50

Рис. 5. Отчёт с параметрами DSGE-модели

Кроме того, в системе присутствует отчёт с выделенными устойчивыми тенденциями показателей (Рис. 6):

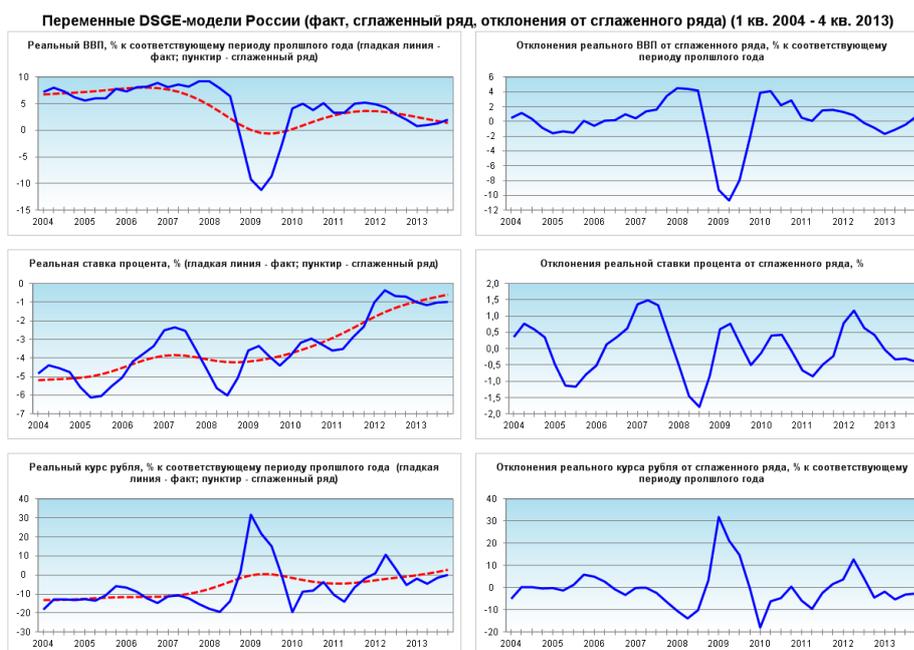


Рис. 6. Отчёт с выделением долгосрочных тенденций показателей

Среди выходных отчётов в системе есть модуль, отображающий результаты сценарных вычислений (Рис. 7):

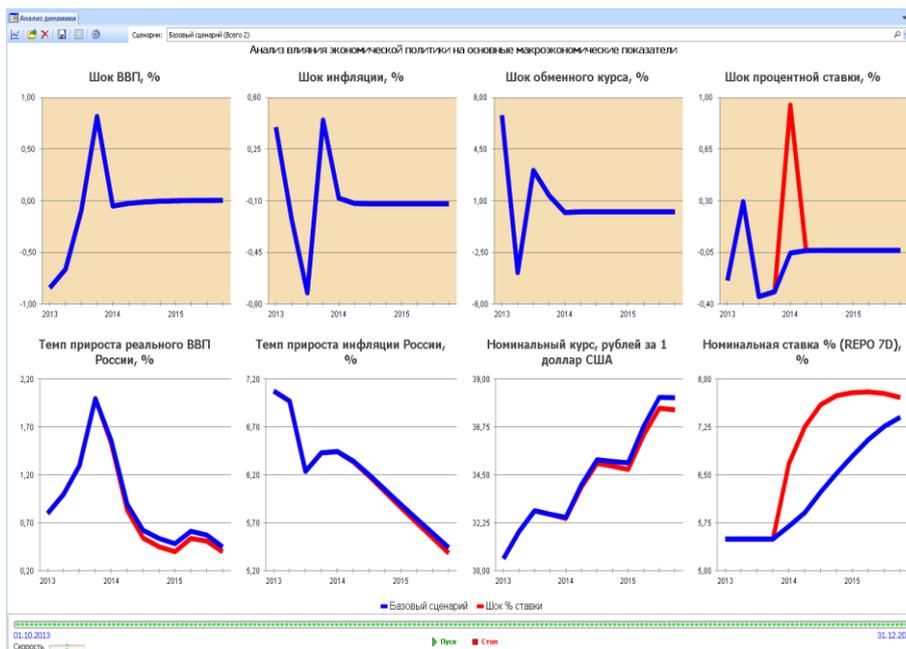


Рис. 7. Отчёт с результатами сценарного прогнозирования

Также в системе присутствует возможность построения отчёта для просмотра результатов анализа чувствительности (Рис. 8):



Рис. 8. Отчёт с результатами анализа чувствительности

Во всех отчётах есть возможность экспорта во внешние форматы: XLS, DOC, PDF.

Таким образом, разработанный комплекс удовлетворяет всем ранее обозначенным функциональным требованиям необходимым для быстрой, удобной и качественной работой с DSGE-моделями и обладает рядом важных преимуществ в сравнении с зарубежной популярной программой Dynare:

1. наличие «дружелюбного» интерфейса для построения DSGE-моделей;
2. интеграция с базами данных социально-экономической статистики;
3. отсутствие необходимости знания специфического синтаксиса языка программирования для создания и работы с DSGE-моделью.

3.2. Верификация модели

Для проверки достоверности результатов модели в созданном ПО рассчитаем её с подобранными параметрами на кризисном 2014 году. Графически результаты верификации по основным моделируемым показателям выглядят следующим образом (Рис. 9, Рис. 10, Рис. 11, Рис. 12):

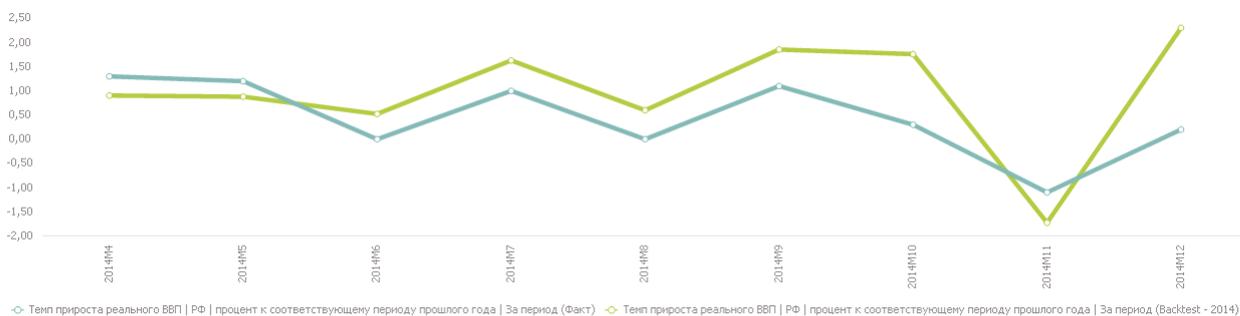


Рис. 9. Сравнение фактических значений 2014 года с результатами расчёта модели по ВВП

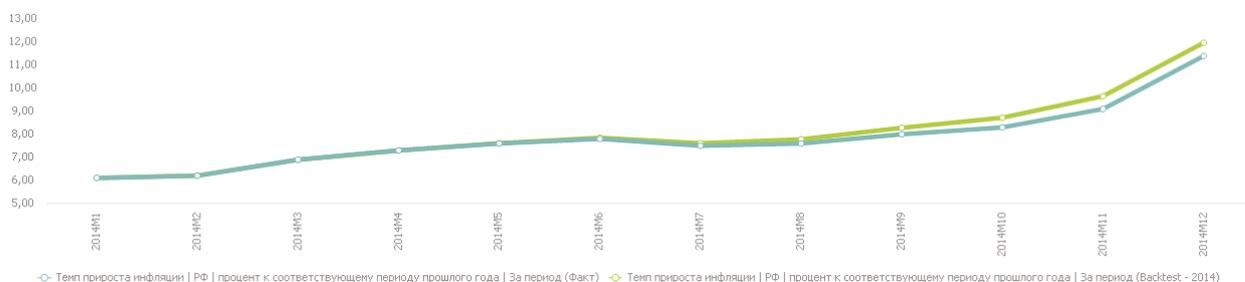


Рис. 10. Сравнение фактических значений 2014 года с результатами расчёта модели по инфляции

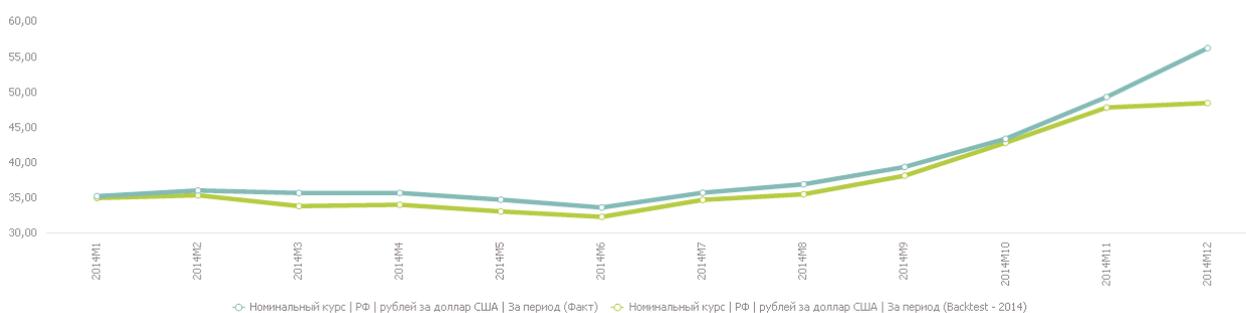


Рис. 11. Сравнение фактических значений 2014 года с результатами расчёта модели по валютному курсу

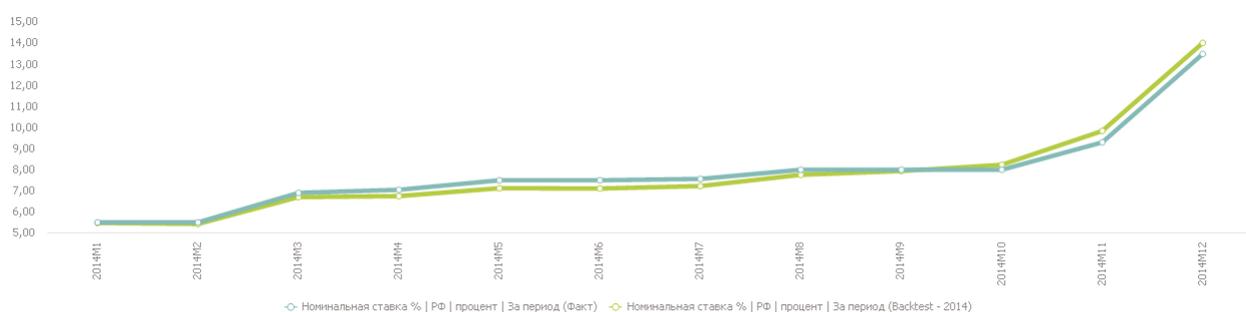


Рис. 12. Сравнение фактических значений 2014 года с результатами расчёта модели по ключевой ставке

Заметно, что модельный график достаточно точно описывает динамику основных показателей социально-экономического развития России, моделирующихся в рамках DSGE-модели. Если перейти к числовым отклонениям, то среднегодовое отклонение по ВВП составляет 1%, по инфляции – 0,2%, по курсу – 4,45%, по ключевой ставке – 0,27%.

Наибольшее отклонение наблюдается по валютному курсу, что вызвано паникой, царившей на валютном рынке в конце 2014 года. При необходимости для улавливания подобных ситуаций можно задать более высокий шок валютного курса.

По прочим показателям отклонения также находятся в пределах допустимой погрешности: по базовому индексу потребительских цен – 0,94%, по индексу цен производителей – 2,75%, по индексу промышленного производства – 3%, по обороту розничной торговли – 1,48%, по уровню безработицы – 0,9%, по инвестициям в основной капитал – 3,45%, по

реальной заработной плате – 2,2%, по золотовалютным резервам – 18,18%, по экспорту товаров - 10,83%, по импорту товаров – 9,62%.

В данной группе показателей наибольшие отклонения наблюдаются по показателям, связанной с внешней торговлей. Такие отклонения объяснимы теми вызовами, с которыми столкнулась экономика России в связи с напряжённой внешнеполитической ситуацией, следствием которых стали внешнеторговые санкции/контрсанкции, а также санкции на движение капитала.

В целом модель показывает достойные результаты при ретропрогнозировании, поэтому используем разработанную модель для осуществления сценарного прогнозирования.

3.3. Сценарные прогнозы и анализ чувствительности модели

На основе откалиброванной DSGE-модели были рассчитаны прогнозы по ключевым экономическим показателям до конца 2017 года при инерционном сценарии при цене на нефть 55\$, сложившейся в начале 2017 года. В агрегированном представлении прогноз выглядят следующим образом (Таблица 20):

Таблица 20. Прогноз экономического развития России на 2017 год при цене на нефть 55\$

Показатели	Единица измерения	2016	2017
		Факт	Прогноз
Курс доллара США	Рублей за 1 доллар США	66,5	51,0
Валовой внутренний продукт	Процент к предыдущему году	-0,2	-0,2
Индексы промышленного производства	Процент к предыдущему году	1,1	-0,7

Показатели	Единица измерения	2016	2017
		Факт	Прогноз
Инвестиции в основной капитал	Процент к предыдущему году	-2,3	-4,6
Оборот розничной торговли	Процент к предыдущему году	-5,2	0,4
Индекс потребительских цен	Процент к декабрю предыдущего года	5,4	4,8
Экспорт товаров	млрд. долл.	281,8	320,6
Импорт товаров	млрд. долл.	191,4	227,9

Из прогнозов можно видеть, что при сохранении конъюнктуры начала 2017 года ЦБ доведет инфляцию до достаточно низкого значения, но всё-таки не выполнит свою цель в 4%. Из-за этого он продолжит проводить жесткую процентную политику, удерживая ставку процента на высоком уровне, что отрицательно скажется на инвестициях и промышленном производстве.

В то же время в купе с высокой относительно последних лет ценой на нефть это приведет к укреплению национальной валюты. Благодаря этому цены импортных товаров станут дешевле, увеличится объем импорта и начнет расти потребление товаров населением.

При этом благодаря оживлению цен на нефтяном рынке увеличится и экспорт.

В итоге ВВП останется вблизи нулевых темпов роста и в 2017 году.

Также помимо прогнозов в агрегированном виде с помощью модели можно решать задачи и краткосрочного прогнозирования. Например, в 2015 в экономических кругах была актуальна проблема о наступлении пика инфляции. Посмотрим результаты прогноза по модели по этому показателю в тот период времени (Рис. 13):

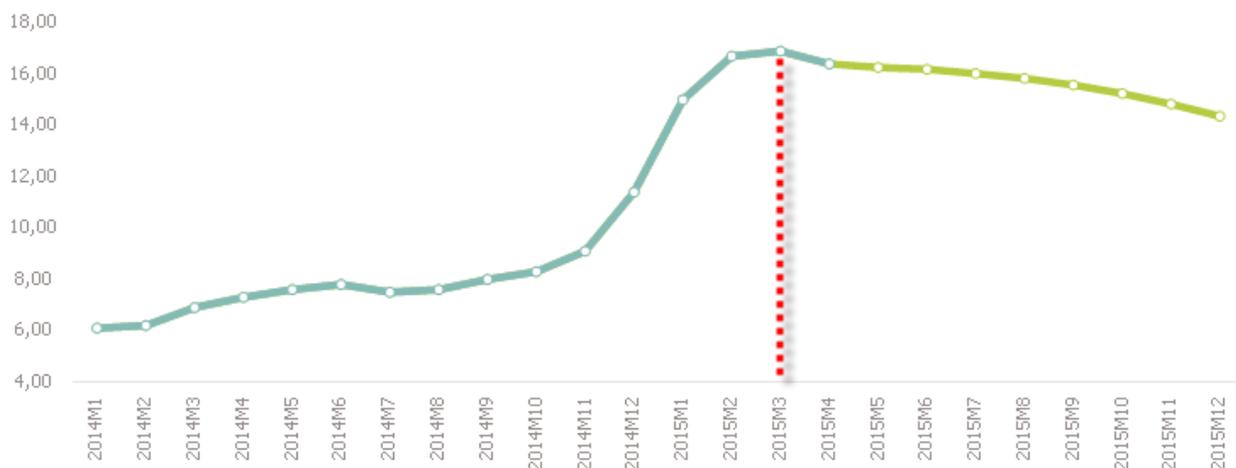


Рис. 13. Прогноз инфляции от апреля 2015 года до конца 2015 года

Так модель показывала, что эффект переноса девальвации рубля в цены товаров завершился в марте и после этого начался процесс постепенного затухания инфляции, который продлится до конца 2015 года.

Ещё одной актуальной проблемой краткосрочного прогнозирования являлось определение дна кризиса, постигшего экономику России (Рис. 14):



Рис. 14. Прогноз ВВП от апреля 2015 года до конца 2015 года

Модель показывала, что наивысшие темпы падения экономика России преодолет во втором квартале 2015 года, после чего начнёт постепенно восстанавливаться.

Известно множество предложений от отечественных экономистов по ускорению среднесрочного экономического роста: заморозка тарифов естественных монополий, увеличение государственных расходов, в том

числе за счет «распечатывания» Фонда национального благосостояния, снижение ставки процента, стабилизация или дальнейшая девальвация обменного курса и т.д.

Именно для оценки эффектов от различных инструментов государственной экономической политики, от внешних шоков DSGE-модели содержат во всех уравнениях переменные ε_t (шоки или инновации). С помощью построенной модели мы оценили влияние 1%-го изменения экзогенных переменных на моделируемые переменные: ВВП, инфляцию, обменный курс и процентную ставку. Также будет рассмотрено увеличение цен на нефть как проявление улучшения внешнеэкономической конъюнктуры (Таблица 21).

Расчёт сценария с ценой на нефть подтверждает гипотезу отечественных экономистов о исчерпании старой модели экономического роста. Это связано с тем, что в условиях плавающего валютного курса валютный курс движется в противоположном направлении, но точно на такой же процент. Поэтому это не сказывается на экономике так сильно как раньше. Несмотря на это в экономике всё равно наблюдается положительный эффект: снижается инфляция, ключевая ставка, растёт реальный сектор и экономика в целом. Однако при этом эффект от одномоментного положительного шока нефтяных цен почти полностью затухает к концу года, что подтверждает тезис о том, что России для роста нужны не просто высокие цены на нефть, а постоянно растущие цены на нефть.

Таблица 21. Таблица эластичностей ключевых показателей экономики России в ответ на меры стимулирования экономического роста

		Курс	ВВП	Инфляция	Ключевая ставка	Промышленность	Инвестиции	Розничная торговля	Грузооборот	Строительство	Реальная зарплата	Безработица	Экспорт	Импорт
Нефть +1%	в 1 месяц	-1	0,01	-0,01	-0,03	0	0,02	0,01	0	0,02	0	0	0	1,5
ВВП +1%		-0,17	1	0,01	0,14	-0,03	-0,09	0,04	-0,01	-0,11	0,22	-0,01	-0,05	0,25
Инфляция -1%		0,11	0,01	-1	-0,08	0,02	0,06	0	0,01	0,02	0	0	0,03	-0,16
Ставка -1%		1,22	0,27	0,02	-1	0,21	0,63	0,06	0,09	0,75	0	0	0,41	-1,8
Курс +1%		1	0,01	0,01	0,03	0,01	-0,02	-0,01	0	-0,03	0	0	0,34	-1,5
Нефть +1%	2017	-0,07	0,01	-0,01	-0,02	0	0,02	0,01	0	0,02	0	0	0	0,13
ВВП +1%		-0,24	0,37	0	0,18	-0,08	-0,12	0,1	-0,03	-0,23	0,26	-0,01	-0,08	0,12
Инфляция -1%		0,4	0,1	-0,7	-0,32	0,11	0,36	0,06	0,05	0,18	0,06	0	0,13	0,17
Ставка -1%		0,74	0,37	0,06	-0,55	0,24	0,73	0,22	0,1	0,75	0,26	-0,01	0,26	0,55
Курс +1%		0,09	0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,02	0	0	-0,02	0	0	0,03	-0,13

Одномоментный отрицательный шок инфляции (например, может быть вызван заморозкой тарифов) окажет стимулирующее воздействие на экономический рост, в том числе через снижение ставки процента (эффект Кейнса). При этом особо обращает на себя внимание, что, согласно построенной модели, снижение инфляции вызывает не укрепление, а ослабление рубля вследствие снижения ставки процента. Действительно, в современных условиях РФ потоки капитала оказывают более значимое влияние на обменный курс, чем торговый баланс.

А анализ временных лагов позволяет утверждать, что эффект от заморозки тарифов усиливается с течением времени.

А вот одномоментный положительный фискальный шок (например, увеличение государственных расходов) как раз носит краткосрочный характер – практически весь всплеск ВВП локализуется в первом же годе. Также увеличение государственных расходов приведёт к небольшому росту инфляции, и как следствие, - к росту процентной ставки Центробанка.

Одномоментный рост обменного курса (девальвация рубля) увеличивает и ВВП, и инфляцию. Поэтому в дискуссии о влиянии девальвации на экономическую активность в России [19], мы оказываемся на стороне тех экономистов, которые приходят к выводу о позитивном влиянии девальвации. При этом ускорение экономики происходит даже несмотря на рост номинальной процентной ставки, связанный с ускорением инфляции. То есть в данном случае положительный внешнеэкономический эффект перевешивает отрицательный эффект от роста процентной ставки.

Наконец, одномоментное снижение процентной ставки приведёт к ускорению экономического роста несмотря на ускорение инфляции. Опять же прирост ВВП увеличивается с каждым последующим периодом. Эффект от снижения процентной ставки усиливается за счет обесценения национальной валюты.

В целом наибольший эффект вызывает снижение ключевой ставки: либо напрямую, либо путём снижения инфляции. Это оказывает комплексный

эффект на всю экономику: низкие ставки стимулируют рост реального сектора, улучшает торговый баланс страны, улучшает покупательную способность населения и в конечном счёте вызывает рост экономики. Данные результаты согласуются с текущей реальностью, когда вследствие санкций/контрсанкций, замедления экономического роста в странах-партнёрах, тяжелой ситуации на мировых сырьевых рынках Россия оказалась отрезана от внешних рынков и внутренние условия приобретают особую значимость. Данный вывод подтверждает правильность текущей проводимой политики ЦБ, направленной на стимулирование экономического роста через постепенное снижение процентной ставки в экономике России.

Проведём ещё несколько сценарных расчётов, характеризующих возможные угрозы экономике России извне.

Наиболее критичным для России представляется вариант снижения цен на нефть.

Как было показано в [51] на цену нефть оказывают влияние 3 группы факторов:

- дефицит/избыток товара;
- реальный курс доллара;
- премия за риск.

Одним из фундаментальных факторов, влияющих на цену любого товара, являются сложившееся на рынке состояние дефицита или избытка, рассчитываемого как разница между спросом и предложением. Для рынка нефти спросом будет являться потребление нефти, а предложением – сумма добытой нефти и запасов нефти в хранилищах.

Если рассматривать нефть в качестве финансового актива, то цена на актив прямопропорциональна премии за риск, равной разнице между ожидаемой и безрисковой доходностью. В качестве безрисковой ставки можно рассматривать государственные облигации США, доходность которых зависит от учётной ставки, установленной ФРС

Кроме того, поскольку нефтяные котировки измеряются в долларах США, курс доллара должен оказывать определённое влияние на цену нефти. Но так как при изменении курса ценность нефти не меняется, то из этого следует, что цена на нефть изменится в противоположном направлении.

Можно заметить, что сейчас рынок нефти испытывает давление со стороны всех вышеперечисленных факторов.

Во-первых, заметно глобальное перенасыщение рынка нефти, прежде всего вызванное началом активной добычей сланцевой нефти в США. Кроме того, ожидается поступление на мировой рынок ещё и иранской нефти, в связи со снятием с них санкций, наложенных в связи с разработками в сфере атомной энергетики. Также в настоящее время наблюдается торможение развивающихся экономик, среди которых выделяется экономика Китая. Таким образом, в глобальном масштабе происходит рост предложения и падение спроса, а вся разница между ними оседает в нефтяных хранилищах. Однако важным катализатором проблем в этом направлении стало изменение поведения организации стран-экспортёров нефти. Ранее данное объединение оперативно реагировало на подобные дисбалансы, меняя квоты на добычу нефти внутри организации. Сейчас же, боясь, что их долю рынка захватят американские компании, они лишь увеличивают дисбаланс, намеренно снижая цену нефти, желая удерживать её на уровне ниже себестоимости добычи сланцевой нефти.

Вся эта борьба за рынок нефти происходит в тяжёлых финансовых условиях. С одной стороны, наблюдается долговые проблемы в Европе, что усугубляется различными спекуляциями о возможном выходе Греции из зоны евро, с другой – экономика США набрала ход на уровне докризисных темпов роста. На этом фоне доллар очень сильно укрепился к евро, достигая уровней начала века.

Кроме того, на фоне выхода из кризиса экономики США у аппарата ФРС возникает желание поднять учётную ставку с экстремально низких уровней. Это может вызвать отток из спекулятивных активов, в том числе

нефти, в надёжные американские облигации, чья доходность автоматически вырастет с увеличением ставки ФРС. И хотя пока увеличения ставки ещё не произошло, одни лишь намерения и словесные интервенции со стороны денежно-кредитных властей США заставляют инвесторов закладывать ожидания изменения ставки в цену нефти.

Таким образом, весьма возможен вариант дальнейшего падения цены на нефть. В связи с этим интересно посмотреть, как на экономике России отразится падение цен на нефть, например, до 20\$ (Таблица 22).

Таблица 22. Сравнение прогнозов социально-экономического развития России 2017 при высоких и низких ценах на нефть

Показатели	Единица измерения	2017	
		Инерционный (цена на нефть 55\$)	Снижение цены на нефть до 20\$
Курс доллара США	Рублей за 1 доллар США	51,0	106,1
Валовой внутренний продукт	Процент к предыдущему году	-0,2	-1,9
Индексы промышленного производства	Процент к предыдущему году	-0,7	-3,1
Инвестиции в основной капитал	Процент к предыдущему году	-4,6	-10,8
Оборот розничной торговли	Процент к предыдущему году	0,4	-13,3
Индекс потребительских цен	Процент к декабрю предыдущего года	4,8	12

Экспорт товаров	млрд. долл.	320,6	299,2
Импорт товаров	млрд. долл.	227,9	190,2

Как видно, падение цен на нефть до 20\$ вызовет ещё большее усугубление дел в экономике России. Сразу взлетит курс рубля к доллару, вслед за этим увеличится инфляция, снизится покупательная способность населения. В реальном секторе начнёт наблюдаться отток капитала, на фоне сокращения инвестиционного и потребительского спроса начнёт падать и промышленное производство и в целом ВВП.

Ранее также уже упоминалось о желании ФРС поднять ставку. Помимо оттока капитала из таких активов, как нефть, это вызовет отток из развивающихся стран, в том числе и России. Поэтому, представляется интересным посмотреть, что случится с экономикой России при увеличении учётной ставки в США, например, до 2% - уровня, который отмечался в 2008 году накануне кризиса (Таблица 23).

Таблица 23. Сравнение прогнозов социально-экономического развития России на 2017 год при жёсткой и мягкой монетарной политике ФРС

Показатели	Единица измерения	2017	
		Инерционный (учётная ставка ФРС 0,63%)	Увеличение учётной ставки ФРС США до 2%
Курс доллара США	Рублей за 1 доллар США	51,0	54,4
Валовой внутренний продукт	Процент к предыдущему году	-0,2	0,1
Индексы промышленного производства	Процент к предыдущему году	-0,7	-0,7

Инвестиции в основной капитал	Процент к предыдущему году	-4,6	-5,3
Оборот розничной торговли	Процент к предыдущему году	0,4	0
Индекс потребительских цен	Процент к декабрю предыдущего года	4,8	5,4
Экспорт товаров	млрд. долл.	320,6	327,2
Импорт товаров	млрд. долл.	227,9	217,7

Можно отметить, что повышение ставки ФРС не вызовет серьёзных последствий для экономики. Это приведёт к небольшой девальвации, которая скажется положительно на внешней торговле и в конечном счёте на ВВП.

Вышеприведённые расчёты показывают, что экономика России, и без того находящаяся в состоянии рецессии, может быть подвержена внешним шокам, которые доведут экономику России до состояния депрессии. Поэтому различные экономисты высказывают свои предложения по выводу российской экономики из кризиса. В этой дискуссии одной из основных границ между конкурирующими точками зрения являются взгляды на политику Центрального банка в отношении ключевой ставки. Правительственные экономисты в своей антикризисной программе [52] и проводимой экономической политики опираются на цели макроэкономической и финансовой стабильности. По их мнению, ключевая ставка Банка России для противодействия инфляции должна оставаться на высоком уровне несмотря на негативное влияние на инвестиции или в крайнем случае медленно снижаться.

Альтернативный вариант государственной политики [11] предполагает резкое снижение процентной ставки и обеспечение доступа предприятий

реального сектора к внутренним источникам финансирования за счет наращивания денежного предложения. С данной точки зрения политика Банка России в совокупности с санкциями западных стран в отношении России наносит мощнейший двойной урон национальной экономики.

Приведённый основной модельный сценарий соответствует политике постепенного снижения ставки. Для сравнения проведём вариант с резким понижением ставки до 5%, что соответствует уровню рентабельности российских предприятий (Таблица 24).

Таблица 24. Сравнение прогнозов социально-экономического развития России на 2017 год при высокой и низкой ключевой ставке

Показатели	Единица измерения	2017	
		Инерционный (ключевая ставка 10%)	Снижение ключевой ставки до 5%
Курс доллара США	Рублей за 1 доллар США	51,0	64,7
Валовой внутренний продукт	Процент к предыдущему году	-0,2	1,1
Индексы промышленного производства	Процент к предыдущему году	-0,7	-0,1
Инвестиции в основной капитал	Процент к предыдущему году	-4,6	-1
Оборот розничной торговли	Процент к предыдущему году	0,4	0,2
Индекс потребительских цен	Процент к декабрю предыдущего года	4,8	6,4
Экспорт товаров	млрд. долл.	320,6	350,3

Импорт товаров	млрд. долл.	227,9	184,5
----------------	-------------	-------	-------

Расчёты демонстрируют, что при альтернативной политике действительно можно ускорить темпы экономического роста России за счёт роста инвестиций и оживления в промышленной сфере. Однако у предлагаемых мер есть и обратная сторона: серьёзная девальвация и перенос роста валютного курса в цены товаров. Таким образом, можно сказать, что выбор между высокой и низкой ключевой процентной ставкой – это выбор приоритетов между стабильностью и ростом реального сектора экономики совместно с инфляцией. По-видимому, переход к активной политике не происходит из-за того, что правительство учитывает настроения населения, которое за несколько последних десятилетий крайне устало от потрясений. Также правительство может помнить, что последний кризис 2008-2009 годов экономика России смогла преодолеть за счёт достаточно высокого потребительского спроса, чего будет сложно добиться при более слабом курсе рубля относительно доллара и высоких ценах.

В то же время для недопущения девальвации и вытекающей из неё инфляции возможно введение ограничений по движению капитала и замораживания цен на товары первой необходимости. Таким образом, для защиты ослабленного российского валютного рынка помимо траты золотовалютных резервов, например, может быть введён налог Тобина на потоки спекулятивного капитала и операции с валютой и возвращена обязательная продажа валютной выручки экспортными компаниями.

Со всеми данными мерами не согласен целый ряд исследователей. Например, академик Ивантер [21] утверждает, что заморозить цены не тяжело, но это приведёт к ажиотажному спросу, вслед за ним физическому дефициту продуктов и как следствие к карточному распределению товаров. Ограничение на движение капитала приведёт же лишь к дестабилизации валютного рынка [70], поскольку такие меры вызовут панику среди

населения, недоверие инвесторов и полностью отрежут Россию от зарубежного финансового рынка.

Подобные меры, вероятно, и были бы полезны, но только в случае, если у экономики России был высокий производственный потенциал. Однако, в экономике сейчас нет свободных мощностей и трудовых ресурсов. Как показывают исследования Банка России, уже в 2012 г. экономика РФ находилась в стадии перегрева [13, С.37]. Аналогично Центр макроэкономических исследований Сбербанка фиксирует отсутствие свободных мощностей в обрабатывающей промышленности [78], при этом другие исследователи фиксируют, что доля мощностей, соответствующих современному уровню, недопустимо низка [17]. Ситуация усугубляется дефицитом квалифицированной рабочей силы – уровень безработицы составляет всего порядка 5%, число незаполненных вакансий за 2014 год выросло на 11%.

К тому же, как демонстрируют статистические данные (Рис. 15), тенденция на снижение инвестиций началась уже в 2012 году (при стабильной ключевой ставке процента, являющейся основным инструментом ЦБ по предоставлению ликвидности банкам с кризиса 2008-2009 годов, и задолго до перехода к инфляционному таргетированию с экстремальным поднятием ставки), а с начала 2014 года находится в зоне отрицательных темпов прироста.

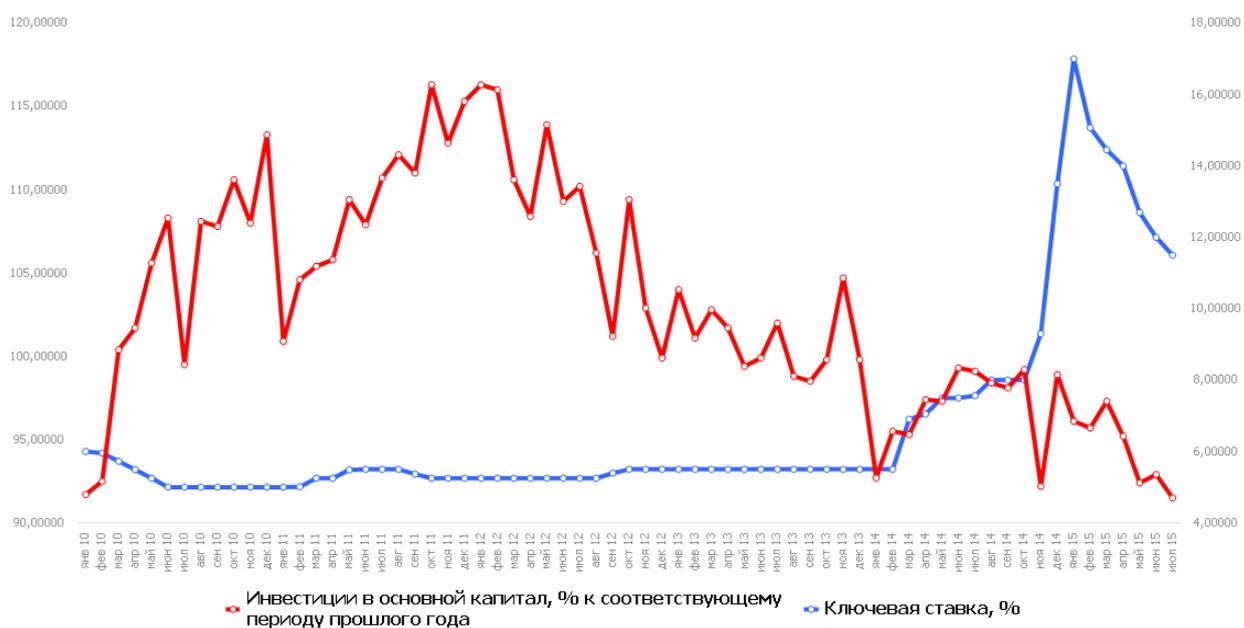


Рис. 15. Динамика инвестиций в основной капитал и ключевой ставки России

Таким образом, можно утверждать, что предприятия предъявляют довольно низкий спрос на инвестиционные ресурсы, что при низких, что при высоких ставках процента. И на этом фоне резкое снижение ставки действительно лишь дестабилизирует экономическую обстановку, чем принесёт значимые выгоды для национальной экономики. Поскольку существующий потенциал для роста инвестиций в основной капитал и расширения производства не является высоким.

В результате можно сказать, что текущая политика, проводимая экономическими властями правильна и позволяет минимизировать воздействие внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, а политика низких ставок несмотря на активизацию производства вызовет девальвацию, несущую дополнительные риски для экономики, и как следствие приведёт к разгону инфляции.

Выводы третьей главы

– Рассмотрены возможности использования разработанного программного обеспечения для моделирования и прогнозирования макроэкономических показателей национальной экономики с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия.

– Проведена верификация разработанной модели. На основе верификации выдвинута гипотеза о том, что разработанную модель можно использовать для краткосрочного прогнозирования в месячной динамике.

– Проведена серия вычислительных экспериментов (сценарное прогнозирование) на основе разработанной модели. В этих вычислительных экспериментах продемонстрировано влияние цен на нефть, а также процентной, валютной, фискальной, тарифной, монетарной политик на ключевые макроэкономические показатели России на горизонте планирования до конца 2015 года. По результатам прогнозных расчетов проведен анализ чувствительности моделируемых показателей к исследуемым сценарным воздействиям. В результате проведенного анализа чувствительности составлена таблица эластичностей и выработаны рекомендации по использованию тех или иных мер государственного регулирования. Также с помощью модели проведено сравнение экономической политики, проводимой нынешними экономическими властями, и активной, предлагаемой некоторыми экономистами для борьбы с кризисом – в результате сделан вывод о правильности выбранного курса по выведению экономики России из рецессии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью настоящей диссертационной работы является развитие экономико-математических методов моделирования динамического стохастического общего равновесия для прогнозирования макроэкономических процессов России.

В работе рассмотрен комплекс актуальных вопросов прогнозирования показателей макроуровня экономики с помощью динамических стохастических моделей общего равновесия. Исследование проводилось на примере экономике России. Теоретические и методологические положения, разработанные в диссертации, могут быть использованы для прогнозирования социально-экономического развития других стран с экспортно-ориентированной ресурсодобывающей экономикой с часто меняющимися условиями развития.

В ходе диссертационного исследования был проведен анализ существующих подходов к прогнозированию макроуровня экономики. На основании проведенного анализа в качестве базового экономико-математического аппарата была выбрана теория динамического стохастического общего равновесия. Для решения отдельных задач диссертационного исследования был использован эконометрический аппарат.

Базовая версия DSGE-модели была значительно доработана и от прочих DSGE-моделей отечественной экономики отличается:

– Использование адаптивных экономических ожиданий, постулирующих, что экономические агенты ведут себя не рационально, а постепенно приспосабливаются к новым экономической конъюнктуре, что является более адекватным предположением в условиях российской действительности.

– Использование модифицированного правила Тейлора, в котором ЦБ таргетирует не только ВВП и инфляцию, но и валютный курс, что оказывается крайне важным в условиях экономики, ориентированной на экспорт природных ресурсов.

– Выведено правило для определения валютного курса, привязывающего динамику национальной валюты к цене на нефть, что также оказывается важным для экспортно-ориентированных ресурсодобывающих стран.

– Перечень стандартных показателей, участвующих в DSGE-модели расширен за счёт присоединения эконометрических моделей, что обосновано возможностью использования выходов DSGE-модели в качестве входов эконометрической модели и наоборот, что позволяет улучшить качество модели.

– DSGE-модель построена в месячной динамике для осуществления прогнозирования на краткосрочную перспективу в современных быстроменяющихся условиях.

На базе отечественной VI-платформы создано программное обеспечение для построения динамических стохастических моделей общего равновесия. Реализованный программный продукт зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Программное обеспечение было использовано для создания, калибровки, верификации и проведения сценарных прогнозных расчетов созданной модели. Кроме того, созданный программный комплекс используется в качестве типового инструмента при построении динамических стохастических моделей общего равновесия в компании ПРОГНОЗ.

В рамках проведенного диссертационного исследования получены следующие основные результаты и выводы:

1. Разработан новый класс DSGE-моделей, основанный на гипотезе адаптивных ожиданий и на использовании нелинейных зависимостей между инфляцией и ставкой процента.

2. Сформирована DSGE-модель России, предназначенная для краткосрочного прогнозирования влияния мер экономической политики на макроэкономические процессы в месячной динамике.

3. Разработана модель прогнозирования валютного курса, позволяющая учитывать факторы со стороны мирового рынка нефти, потоков капитала, инфляционных процессов, а также монетарной политики Банка России.

4. Создан специализированный программный комплекс, реализующий авторский подход к DSGE-моделированию и автоматизирующий весь жизненный цикл разработки и эксплуатации DSGE-модели, начиная от сбора и обработки статистической информации и заканчивая построением отчетных форм по результатам проведенных прогнозных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2014 год: от Олимпиады до валютного кризиса // Институт «Центр развития» НИУ «Высшая Школа Экономики». Комментарии о государстве и бизнесе. – 2014 – № 84. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.hse.ru/data/2014/12/26/1103955583/KGB_84.pdf
2. Айвазян С.А., Бродский Б.Е. Макроэконометрическое моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики // Прикладная эконометрика. – 2005 – № 2. – С.85-111.
3. Андрианов Д.Л., Максимов В.П. Целевое управление и краевые задачи для макроэкономических моделей с последствием // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 1995 – № 2. – С.102-123.
4. Андрианов Д.Л., Шульц Д.Н. Нилова Е.В. Типовая макроэконометрическая модель // Управление экономическими системами. – 2013 – № 12. – [Электронный ресурс]. URL: <http://uecs.ru/uecs60-602013/item/2650-2013-12-23-10-43-29>
5. Андрианов Д.Л., Шульц Д.Н., Ощепков И.А. Динамические стохастические модели общего экономического равновесия // Управление экономическими системами. – 2014 – № 7. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uecs.ru/uecs67-672014/item/2998-2014-07-30-07-14-51>
6. Бахтизин А. Вычислимая модель «Россия: Центр – Федеральные округа»/ Бахтизин А. – М.:Издательство ЦЭМИ РАН, 2003.
7. Вальрас Л. Элементы чистой политической экономии или теория общественного богатства. Перевод на русский язык — И. Егоров, А. Белянин / Леон Вальрас. – М: Изограв, 2000. – 448с.
8. Вудфорд М. Что не так с экономическими моделями? // Вопросы экономики. – 2012 – № 5. – С.14–21.

9. Гайдаровский форум – 2016: экспертные дискуссии с участием сотрудников Института Гайдара. – [Электронный ресурс]. URL: <http://ier.ru/ru/gaidarovskii-forum-2016-ekspertnye-diskussii-s-uchastiem-sotrudnikov-instituta-gaidara.html>
10. Гальперин В.М. и др. Макроэкономика / Общая редакция Л.С.Тарасевича. Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 1999. – С.653.
11. Глазьев С. Элиты должны напрячься, чтобы страна выжила. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.glazev.ru/econom_polit/448/
12. Гранберг А.Г., Моделирование социалистической экономики / М.: Экономика, 1988. – 487 с.
13. Доклад о денежно-кредитной политике от 4 декабря 2014 г. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.cbr.ru/publ/ddcp/2014_04_ddcp.pdf
14. Джонс Д., Кулиш М. DSGE-моделирование в пакете Dynare: практическое введение // Квантиль. – 2014 – № 12. – С.23–44.
15. Дробышевский С.М., Архипов С.А. Моделирование динамики инфляции в 1992 – 1997 гг. // Экономика переходного периода. Очерки экономической политики посткоммунистической России (1991 - 1997). М.: Издательство Института экономики переходного периода, 1998. – С.1154-1169.
16. Дягтерёв К. Прогнозирование валютных котировок с использованием модифицированного стационарного метода, основанного на нечетких временных рядах // Институт Экспертизы Академии Технологических наук РФ. – 2008. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.exponenta.ru/educat/news/degtyarev/paper2.pdf>
17. Замараев Б.А., Маршова Т.Н. Производственные мощности российской промышленности: потенциал импортозамещения и экономического роста // Вопросы экономики. – 2015 – № 6. – С.5-24.

18. Зарецкий А. Сравнение вариантов монетарной политики в рамках простой DSGE-модели // Банкаўскі веснік. – 2013 – № 7 (588). – С.21–28.
19. Зубарев А.В., Трунин П.В. Влияние реального обменного курса рубля на экономическую активность в России // Проблемы прогнозирования. – 2014 – №2. – С.92-102.
20. Ивантер А.Е. Аперитив для сильных духом // Эксперт. – 2013 – № 38 (688). – С.22–25.
21. Ивантер В. Глазьев как анти-Кудрин. – [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/expert/2015/38/glazev-kak-anti-kudrin/>
22. Иващенко С.М. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия с банковским сектором и эндогенными дефолтами фирм // Новая экономическая ассоциация. – 2013. – № 3 (19). – С.27–50.
23. Иващенко С.М. Применение динамической стохастической модели общего экономического равновесия для анализа инфляционных процессов в России и США// «Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки». – 2010 – №6. – С.305-309
24. История экономических учений / под ред. В. Автономова, О. Ананьина, Н. Макашевой. М.: ИНФРА-М, 2002. – 784 с.
25. История экономических учений: (современный этап) / под ред. А.Г. Худокормова. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 733 с.
26. Кейнс Д. Общая теория занятости, процента и денег. Избранное / Дж.М.Кейнс, вступ. Статья Н.А.Макашевой. – М.:Эксмо, 2007. – 960с.
27. Кенэ Ф., Тюрго А.Р.Ж., Дюпон де Немур П.С. Физиократы. Избранные экономические произведения. М.: Эксмо, 2008. – 1200 с.
28. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение / Г.Б. Клейнер. М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.

29. Кошкаров А. Sberbank CIB рассчитал курс доллара в случае паники на рынке. – [Электронный ресурс]. URL: <http://top.rbc.ru/finances/12/01/2015/54b3c7339a79477240fc53ca>
30. Коландер Д. и др. Финансовый кризис и провалы современной экономической науки // Вопросы экономки. – 2010 – №6. – С.10-25.
31. Кудрин А., Гурвич Е. Новая модель роста для российской экономики // Вопросы экономики. – 2014 – № 12. – С.4–36.
32. Кэй Дж. Карта – не территория: о состоянии экономической науки // Вопросы экономики. – 2012 – № 5. – С.4–13.
33. Леонтьев В. Межотраслевая экономика / Научный редактор и автор предисловия академик РАН А.Г. Гранберг; Пер. с англ. -. — М.: Экономика, 1997. – 480 с.
34. Лолейт А.С. Инфляционные ожидания экономических агентов в России // Экономическая политика. – 2011 – № 6. – С.34-59
35. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. Применение вычислимых моделей в государственном управлении. – 2007. – 304 с.
36. Малаховская О. А., Минабутдинов А. Р. Динамическая стохастическая модель общего равновесия экспортоориентированной экономики // Научные доклады Лаборатории макроэкономического анализа Высшей Школы Экономики. – 2013.
37. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии/ Карл Маркс – Том 1, том 2, том 3 - М.: Эксмо, 2011. – с.1200.
38. Маршалл А. Принципы экономической науки/ Альфред Маршалл – Экономическая мысль Запада, Том 2 (один из трех томов). – М.:Прогресс, 1993. – с.312.
39. Мельников Р. М. Влияние динамики цен на нефть на макроэкономические показатели российской экономики // Прикладная эконометрика. – 2010 – №1. – С.20–29.
40. Микушева А. Оценивание динамических стохастических моделей общего равновесия // Квантиль. – 2014 – № 12. – С.1–21.

41. Миллер Р. Л., Ван-Хуз Д. Д. Современные деньги и банковское дело. – М.: Инфра-М, 2000. – С.856.
42. Моисеев С. Р. Правила Кредитно-денежной политики // Финансы и Кредит. – 2002 – №16. – С.37–46.
43. Мониторинг «О текущей ситуации в экономике Российской Федерации» // Министерство экономического развития Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. URL: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/>
44. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей // Изд. 3-е, исправленное. М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
45. Нельсон Р. Р., Уинтер С. Дж. Эволюционная теория экономических изменений // М.: Дело, 2002. – 536 с.
46. Об утверждении плана импортозамещения программного обеспечения» // Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации № 96. – 2015.
47. Орлов В.В. Основы философии. Общая Философия // Пермский университет. – Пермь, 2006. – 377 с.
48. Отмахов П. Рационализм в экономической науке // Вопросы экономики. – 1999 – №2. – С.119–136.
49. Официальный сайт ЗАО «ПРОГНОЗ». – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.prognoz.ru/>
50. Официальный сайт DYNARE. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dynare.org/>
51. Ощепков И.А. Один подход к моделированию цены на нефть // European Social Science Journal. – 2013 – № 12-2. – С.502-510.
52. Перлов М.С., Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В. Моделирование показателей национальной экономики в условиях влияния фактора инновационного развития // Управление экономическими системами. – 2012 – № 6. – [Электронный ресурс]. URL: <http://uecs.ru/uecs42-422012/item/1379-2012-06-04-06-46-38>

53. План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 году // Распоряжение Правительства РФ № 98-р от 27.01.2015
54. Плущевская Ю. О состоятельности теоретического фундамента таргетирования инфляции и новокейнсианских моделей // Вопросы экономики. – 2003 – №6. – С.88–99.
55. Полбин А.В. Построение динамической стохастической модели общего равновесия для экономики с высокой зависимостью от экспорта нефти // Экономический журнал Высшей Школы Экономики. – 2013 – Т. 17 – № 2. – С.323–359
56. Полбин А.В., Дробышевский С.М. Построение динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики // М.: Издательство Института Гайдара, 2014. – 156 с.
57. Поспелов И.Г. Математическая модель экономики переходного периода/ И.Г. Поспелов, Э.В.Автухович и др. — М., ВЦ РАН, 1999.
58. Прудский М.В. Фрактальный анализ финансовых рынков // Информационные системы и математические методы в экономике. – 2012 – № 5. – [Электронный ресурс]. URL: <http://ismme.esrae.ru/pdf/2012/5/331.pdf>
59. Разработка краткосрочных прогнозов социально-экономического развития России // Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/Presentations/INPRAN2015/2015_01-26SF.pdf
60. Сельцовский В.Л. Современные методы прогнозирования цен и курсов валют // Российский внешнеэкономический вестник. – 2012 – № 11. – С.55–69.
61. Симонов П.М. Исследование устойчивости решений некоторых динамических моделей микро- и макроэкономики // Вестник

- Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2003 – № 5. – С.88-93.
62. Симонов П.М., Шульц Д.Н., Шульц М.Н. Эволюция теории общего экономического равновесия // Вестник Пермского университета. – 2012 – №3. – С.32–38.
63. Синельников-Мурылев С. Декомпозиция темпов роста ВВП России. – М.: Издательство Института Гайдара, 2015. – 128 с.
64. Смирнов С.В. Российские циклические индикаторы и их полезность «в реальном времени»: опыт рецессии 2008–2009 гг. // Экономический журнал ВШЭ. – 2012 – №4. – С.479–513.
65. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Эксмо, 2007. – 960 с.
66. Соколова А.В. Являются ли инфляционные ожидания в России вперёдсмотрящими? // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом «Высшей школы экономики», 2012. – 33 с.
67. Фаджиоло Д., Ровентини А. О научном статусе экономической политики: повесть об альтернативных парадигмах // Вопросы экономики. – 2009 – № 6. – С. 24–47.
68. Федорова Е., Лысенкова А. Как влияют инструменты денежно-кредитной политики на достижение целей ЦБ РФ? // Вопросы экономики. – 2013 – № 9. – С.106-118.
69. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 168 с.
70. Шибанов О. Небезопасные советы: в чем ошибается Сергей Глазьев. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.forbes.ru/mneniya-column/gosplan/299409-nebezopasnye-sovety-v-chem-oshibaetsya-sergei-glazev?page=0,0>
71. Шульгин А. Г. Байесовская оценка DSGE-модели с двумя правилами монетарной политики для России // Научные доклады Лаборатории макроэкономического анализа Высшей Школы Экономики. – 2014.

72. Шульц Д.Н. Об ограничениях современной модели экономического роста России // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2011 – № 3. – С. 37–44.
73. Шульц Д.Н., Власова Н.В., Ощепков И.А. Тенденции социально-экономического развития РФ и прогноз на 2015-2017 гг. // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2015 – № 1. – С.5-13.
74. Шульц Д.Н., Гребнев М.И. Рациональность поведения: иерархический анализ // РИСК. – 2014 – №2. – С.167-170.
75. Шульц Д.Н., Шульц М.Н. Моделирование общего равновесия экономики России // Информационные системы и математические методы в экономике. – 2010 – № 2. – С.115–129.
76. Четвериков С., Карасев Г. Структурные модели обменных курсов рубля // Институт экономики переходного периода. 2005. – URL: http://www.iep.ru/files/text/working_papers/88.pdf
77. Чечулин В.Л., Русаков С. В. Неустойчивость безынфляционного состояния экономики // Журнал экономической теории. – 2012 – № 1. – С.93-97.
78. Цепляева Ю., Козлов К., Фролов А., Зулькарнаев Д. Есть ли свободные мощности для импортозамещения? – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/analytics/2014/mo151214.pdf>
79. Цыплаков А.А. Введение в моделирование в пространстве состояний // Квантиль. – 2011 – № 9. – С.1-25.
80. Цыплаков А.А. Оценка качества вероятностных прогнозов: корректные скоринговые правила и моменты // Прикладная эконометрика. – 2012 – № 3. – С.115–132.

81. Юдаева К., Иванова Н., Каменских М. Что таргетирует Банк России? // Обзор центра макроэкономических исследований Сбербанка России. – 2010.
82. Adolfson M., Lassen S., Linde J., Villani M. RAMSES – a new general equilibrium model for monetary policy analysis // Sveriges Riksbank economic review. – 2007 – № 2. – P.5–40.
83. Arrow K.J., Debreu G. Existence of equilibrium for a competitive economy // *Econometrica*. – 1954 – V.25. – P.265–290.
84. Benes J., Binning A., Fukac M., Lees K., Matheson T. K.I.T.T.: Kiwi Inflation Targeting Technology // Reserve Bank of New Zealand. – 2009. – 138 p.
85. Calvo G.A. Staggered Prices in a Utility-maximizing Framework // *Journal of Monetary Economics*. – 1983 – № 12 (3). – P.383–398.
86. Cotis J.-Ph., Elmeskov J., Mourougane A. Estimates of Potential Output: Benefits and Pitfalls from a Policy Perspective // OECD Economics Department, 2005. – URL: www.oecd.org/dataoecd/60/12/23527966.pdf.
87. Erceg C.J., Guerrier L., Gust C. SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis // *International Journal of Central Banking*. – 2006. – № 2 (1). – P.111–144.
88. Friedman M. A Monetary History of the United States, 1867-1960/ M. Friedman, A.J. Schwartz. – Princeton University Press, 1963. – p.888.
89. Fromm G. The Brookings-S.S.R.C. quarterly econometric model of the United States: model properties / Gary Fromm, Lawrence Robert Klein, Edwin Kuh, 1965 – p.22.
90. Gali J., Monacelli T. Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy // *The Review of Economic Studies*. – 2005 – Vol. 72. – № 3. – P.707–734.
91. Harrison R., Nikolov K., Quinn M., Ramsay G., Scott A. Thomas R. The Bank of England Quarterly Model // Bank of England Publications. – 2005. – 244 p.

92. Herndon T., Ash M., Pollin R. Does High Public Debt Consistently Stifle Economic Growth? A Critique of Reinhart and Rogoff // PERI Working Paper № 322, 2013.
93. Herschel G., Linden A., Kart L. Magic Quadrant for Advanced Analytics Platforms // Gartner. – 2015.
94. Hicks J. IS-LM: An Explanation // Journal of Post Keynesian Economics. – 1980 – Vol. 3. – № 2. – P.139-154.
95. Kydland F., Prescott E.C. Time to build and Aggregate Fluctuations // Econometrica. – 1982 – Vol. 50 – № 6. – P.1345–1371.
96. Lucas R. Econometric policy evaluation: A critique // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. New York: American Elsevier. – 1976 – Vol. 1(1). – P.19–46.
97. Medina J. P., Soto C. Model for Analysis and Simulations: A Small Open Economy DSGE for Chile // Central Bank of Chile. – 2006. – 47 p.
98. Modigliani F. Liquidity Preference and the Theory of Interest and Money // Econometrica. – 1944 – Vol. 12 – No 1. – P.45 - 88
99. Murchison S., Rennison A. ToTEM: The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model // Bank of Canada Technical Report № 97. – 2006. – 120 p.
100. Muth J. Rational Expectations and the Theory of Price Movements // Econometrica. – 1961 – № 29. – P.315-335.
101. Phillips A.W. The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861-1957 // Economica, New Series. 1958 – Vol. 25 – № 100. – P.283-299.
102. Popescu A. Introduction to a Small Model for Monetary Policy Analysis // Joint Vienna Institute Training Program «Monetary and Exchange Rate Policy». – 2013.
103. Reinhart C., Rogoff K. Growth in a Time of Debt // NBER Working Paper № 15639. – 2010.

104. Rotemberg J. Sticky Prices in the United States // Journal of Political Economy. – 1982 – № 90 (6). – P.1187–1211.
105. Rotemberg J., Woodford M. An Optimization-Based Econometric Framework for the Evaluation of Monetary Policy // NBER Macroeconomics Annual. – 1997 – № 12. – P.297–346.
106. Sallam R. L., Hostmann B., Schlegel K., Tapadinhas J., Parenteau J., Oestreich T. W. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms // Gartner. – 2015.
107. Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics. – 1956 – № 70. – P.65-94.
108. Taylor J.B. Discretion versus Policy Rules in Practice. – 1993. – Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 39. – P. 195–214.
109. de Vries B. Interacting with complex systems: models and games for a sustainable economy // Netherlands Environmental Assessment Agency. – 2010. – 119 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Динамическая стохастическая модель общего экономического равновесия Российской Федерации (ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ).

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2015619154

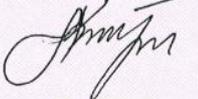
**ПРОГНОЗ. Динамическая стохастическая модель общего
экономического равновесия Российской Федерации
(ПРОГНОЗ. ДСМ ОЭР РФ)**

Правообладатель: *Закрытое акционерное общество «ПРОГНОЗ»*
(RU)

Авторы: *Андрианов Дмитрий Леонидович (RU), Кулаков Михаил
Юрьевич (RU), Шульц Дмитрий Николаевич (RU), Нилова
Екатерина Викторовна (RU), Ощепков Иван Алексеевич (RU),
Перлов Максим Сергеевич (RU)*

Заявка № **2015616028**
Дата поступления **30 июня 2015 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **25 августа 2015 г.**

Заместитель руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Л.Л. Кирий**



ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Институт экономических исследований» Министерства национальной экономики Республики Казахстан

В диссертационный совет
ДМ № 212.188.09 при Пермском
национальном исследовательском
политехническом университете и
Пермском государственном
национальном исследовательском
университете

Справка

Настоящим подтверждаем, что результаты, полученные в диссертации Ощепкова Ивана Алексеевича, используются АО «Институт экономических исследований» в интересах Министерства национальной экономики Республики Казахстан для краткосрочного прогнозирования экономики РФ и оценки её влияния на экономику Республики Казахстан.

Научный руководитель института АО
«Институт экономических исследований»
Министерства национальной экономики
Республики Казахстан, д.э.н, профессор,
академик НАН РК, член академического
союза Оксфорд (Великобритания)



Сайлау Байзаков
Сайлау Байзаков Сайлау Байзакович

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Прогноз»

PROGNOZ

В Диссертационный Совет ДМ 212.188.09

АО «ПРОГНОЗ»
ИНН 5903037635
614068, г. Пермь, ул. С. Даншина, 5
тел. +7 (342) 218 36 63
тел. +7 (342) 240 36 63
факс +7 (342) 240 37 70
prognoz@prognoz.ru
www.prognoz.ru

СПРАВКА о внедрении результатов диссертационной работы Ощепкова Ивана Алексеевича

Настоящим подтверждаем, что результаты, полученные в диссертационной работе Ощепкова Ивана Алексеевича, внедрены в программный продукт Prognoz Platform АО «ПРОГНОЗ». Созданное инструментальное средство направлено на решение задач прогнозирования макроэкономических процессов в экономике России.

Внедренный программный комплекс используется при краткосрочном сценарном прогнозировании ключевых макроэкономических показателей и позволяет оценивать эффекты от мер государственной экономической политики.

Руководитель Центра экономического моделирования
и прогнозирования АО «Прогноз»

Дмитрий Николаевич Шульц

Собственноручную подпись
Р.Н. Шульце
удостоверяю

ОТДЕЛ КАДРОВ
Л.В. Баскова
Л.В. Баскова



ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Справка о внедрении результатов диссертационной работы в образовательный процесс ФГБОУ ВО ПГНИУ

В Диссертационный Совет ДМ 212.188.09

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы

Ощепкова Ивана Алексеевича

Данной справкой подтверждаем, что положения теоретического, методологического и практического характера, связанные с разработкой краткосрочной динамической стохастической модели общего равновесия России ее инструментальной реализацией, изложенные в диссертации на соискание учёной степени кандидата экономических наук Ощепкова И.А., успешно используются в программах подготовки бакалавров по направлениям «Экономика», «Прикладная математика и информатика», «Бизнес-информатика» и магистров по направлению «Прикладная математика и информатика» кафедры информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета.

Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе при чтении лекций, проведении практических занятий и лабораторных работ по дисциплинам «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрическое моделирование», «Основы системного анализа», «Общая теория систем», «Вычислимые модели общего экономического равновесия», «Анализ временных рядов». Использование в учебных программах кафедры информационных систем и математических методов в экономике результатов диссертационной работы Ощепкова И.А. позволяет студентам успешно осваивать современные информационные технологии и методы моделирования.

Начальник учебно-методического управления ПГНИУ  / Бабушкина Е.В.

Зам. декана экономического факультета ПГНИУ
по учебной работе  / Бородина М.А.

И. о. зав. кафедрой информационных систем и математических
методов в экономике ПГНИУ  / Бячков А.Б.



 _____ заверяю
и. о. секретарь совета