

На правах рукописи

КАМРОТОВ МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ

**РЕЖИМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫНКА ВАЛЮТНОЙ ПАРЫ ЕВРО–ДОЛЛАР:  
ПОДХОД НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Специальность 08.00.14 – Мировая экономика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Москва – 2010

Работа выполнена на Кафедре международных валютно-финансовых отношений в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Государственный университет – Высшая школа экономики»

Научный руководитель: доктор экономических наук Евстигнеев В.Р.

Официальные оппоненты:

\_\_\_\_\_  
*ученая степень, ученое звание, фамилия, и.,о.*

\_\_\_\_\_  
*ученая степень, ученое звание, фамилия, и.,о.*

\_\_\_\_\_  
*ученая степень, ученое звание, фамилия, и.,о.*

Ведущая организация \_\_\_\_\_  
*название*

Защита состоится \_\_\_\_\_ на заседании  
*дата, время*

диссертационного совета \_\_\_\_\_  
*шифр совета, название организации, в которой  
создан совет, адрес*

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

\_\_\_\_\_  
*название организации, в которой создан совет*

Автореферат разослан \_\_\_\_\_  
*дата*

Ученый секретарь  
диссертационного совета \_\_\_\_\_  
*фамилия, и.,о.*

## Общая характеристика работы

**Актуальность диссертационного исследования.** Образование Еврозоны и Европейского центрального банка привело к появлению экономики, сопоставимой по характеристикам с США, и валюты евро, рассматриваемой зачастую в качестве альтернативы доллару на мировых финансовых рынках. Валютная пара евро-доллар – одна из ключевых пар валютного рынка, вопрос механизма формирования ее курса представляет огромный научный интерес.

В течение последних десятилетий исследователи пытаются разрешить так называемую “загадку отрыва валютного курса” (*exchange rate disconnect puzzle*), заключающуюся в неспособности макроэкономических переменных, которые, казалось бы, должны объяснять динамику валютного курса, достоверно предсказывать его изменение. Классические теории валютного курса, такие как теория платежного баланса, теория паритета покупательной способности, теория паритета процентных ставок, представляют собой логичное, однако эмпирически не подтверждающееся объяснение динамики валютного курса. Недавние исследования показывают, что перспективным подходом к проблеме прогнозирования валютного курса является ее рассмотрение совместно с кредитно-денежной политикой центральных банков. Тем не менее, существенных результатов, позволяющих говорить о конкретном механизме формирования валютного курса и возможности его прогнозирования, достигнуто не было. Вопрос о том, какие факторы определяют динамику валютного курса, остается открытым.

Применение высоко эффективных современных методов на основе векторной авторегрессии и теории дифференциальных уравнений может внести большой вклад не только в понимание механизма формирования валютного курса доллара к евро и возможности его прогнозирования, но и в знание о возможных типах динамики валютного рынка данной пары.

В диссертационной работе решается научная проблема идентификации режимов поведения валютного курса доллара и к евро. Результаты исследования показывают, что кредитно-денежная политика Европейского центрального банка и Федеральной резервной системы и курс доллара по отношению к евро тесно связаны друг с другом, структура взаимосвязи определяется равновесными значениями фундаментальных параметров финансовой системы. Количество равновесных наборов таких значений определяет набор режимов функционирования валютного рынка рассматриваемой пары. Формализация такого механизма курсообразования отвечает на фундаментальные научные вопросы и приводит к оригинальным выводам.

**Степень разработанности темы в научной литературе.** В отечественной и особенно в зарубежной литературе подробно освещены вопросы, касающиеся моделирования валютного курса и анализа режимов функционирования валютного рынка. Многие известные экономисты уделили значительное внимание условиям отсутствия арбитража на валютном рынке (С. Терновски, Д. Итон, Д. Кирикос, М. Тейлор, А. Шабо, Д. Франкель), фундаментальным факторам курсообразования (Ч. Гудхарт, Н. Марк, Бениньо, Д. Френкель), микроструктурным моделям валютного рынка (Т. Мокоен, Р. Гупта, Р. Ван Эйден, П. Вайтал). Существенное внимание в литературе обращено на возможностям прогнозирования валютного курса (Р. Миз, К. Рогофф, Ч. Эванс, Ч. Энгель, К. Уэст, Й.-В. Ченг, А. Паскуаль, Р. Дорнбуш, П. Изард, А. Шульгин). Исследования К. Чиареллы, Р. Тревора, Р. Бьюли, А. Стокмана посвящены теоретическому анализу моделей динамики валютного курса. Режимы валютного курса рассматриваются в работах П. ДеГроува, М. Гримальди, Д. Гарсии-Соланес, Д. Перез-Кастейона, А. Бейарта, С. Шмуклера. Вопросы взаимосвязи кредитно-денежной политики и поведения валютного курса хорошо отражены в работах Н. Марка, Т. Молодцовой, А. Николско-Ржевского, Д. Паппела.

Исследованию актуальных проблем моделирования финансовых рынков на основе динамических систем уделено внимание и в российской научной литературе (Г. Малинецкий, А. Потапов, Д. Чернавский, Н. Старков, А. Щербаков).

Однако существующая литература лишь частично охватывает предмет нашего исследования и не покрывает применяемых нами методов. Отсутствуют работы, выявляющие потенциально возможные режимы валютного курса. Не уделено вниманию эмпирическому анализу применимости динамических систем для моделирования пары евро-доллар.

В нашей работе впервые в литературе эмпирически оценивается набор возможных типов поведения валютного курса, включая еще не проявившееся режимы, в связке с политикой процентных ставок. Для решения данной проблемы применяется метод реконструкции нелинейной динамической системы по ее линейным аппроксимациям на основе теоремы Гробмана–Хартмана.

Нерешенность проблемы моделирования валютного курса и отсутствие методов объективной идентификации режимов валютного рынка определило выбор темы данного диссертационного исследования, которое представляет собой попытку строгого формального выявления режимов динамики валютного курса доллара к евро.

**Цель диссертационного исследования** состоит в построении модели формирования валютного курса доллара к евро, способной выявить свойственные рынку данной валютной пары режимы функционирования и послужить основой средне- и долгосрочного прогнозирования валютного курса. В соответствии с этой целью в работе ставятся и решаются следующие **задачи**:

- выявить фундаментальные переменные, в наибольшей степени связанные с динамикой курса доллара к евро;

- предложить способ моделирования многомерных временных рядов, формализующий динамику переменных как следствие структурных особенностей системы;
- построить и оценить систему линейных дифференциальных уравнений, описывающих динамику валютного курса и ключевых процентных ставок центральных банков;
- разработать метод реконструкции нелинейной динамической системы по ее линейным аппроксимациям;
- оценить параметры нелинейной динамической системы, определяющей поведение пары евро–доллар;
- построить долгосрочный прогноз валютного курса доллара к евро, учитывающий различные возможные сценарии.

**Объект и предмет исследования.** Объектами исследования являются валютный курс и фундаментальные факторы, его определяющие. Предмет исследования – особенности динамики валютного курса и ставок межбанковского рынка зоны доллара и еврозоны с точки зрения ее механизма и типологии.

**Теоретической и методологической основой исследования** служат труды экономистов, финансистов, политологов по проблемам моделирования валютного курса. Наибольшее мировоззренческое влияние на автора оказали работы Р. Миза, К. Рогоффа, А. Паскуалья, Й.-В. Ченга, П. ДеГроува, Г. Хакена, Г. Малинецкого, а также работы других зарубежных и российских исследователей, в которых раскрыты отдельные аспекты моделирования валютного курса.

Большое значение для выбора автором методов исследования и формирования подходов к анализу динамики и режимов валютного курса также имеют работы К. Симса, М. Фербека, Б. Бернанке, Н. Марка, Т. Молодцовой.

**Информационная база.** Статистические источники для написания диссертационной работы позволили выявить специфические режимы валютного

рынка пары евро–доллар. Для этого использовались, прежде всего, официальные данные Европейского центрального банка, Федеральной резервной системы, Бундесбанка, данные статистической базы ЕЦБ “Statistical Data Warehouse”, данные статистической базы “FRED” Федерального резервного банка Сент-Луиса, данные Банка международных расчетов и Международного валютного фонда.

При рассмотрении вопросов кредитно-денежной политики были проанализированы устав ЕЦБ, устав ФРС, Маастрихтский договор, Договор об учреждении Европейского сообщества, стенограммы пресс-конференций глав ЕЦБ и ФРС.

**Научная новизна** диссертации заключается в решении нового для экономической науки типа задачи об эмпирическом выявлении всех возможных (в том числе и не наблюдавшихся на практике) режимов функционирования финансового рынка. Данная задача решается на примере пары евро–доллар.

Благодаря авторскому методу реконструкции нелинейных динамических систем на основе наблюдаемых линейных приближений, в работе удалось выявить перечень режимов, которым может следовать валютный курс доллара к евро. В отечественной литературе исследования по этой теме отсутствуют. В зарубежной литературе проведен теоретический анализ типов траекторий, которые порождаются нелинейными системами, однако задача реконструкции и эмпирической оценки таких систем не ставилась. В нашем исследовании проводится эмпирическая оценка модели курсообразования данной валютной пары, дающей широкие возможности прогнозирования ее обменного курса.

Несмотря на пристальное внимание исследователей к тематике валютного курса, вопрос объяснения и прогнозирования его динамики остается открытым, а вопрос о режимах его динамики не изучался с точки зрения, предложенной в работе. Экономисты сходятся во мнении, в частности, что текущие процентные ставки практически не несут информации о будущем изменении ва-

лутного курса. В работе предложен метод моделирования валютного курса на основе построения динамических систем, опровергающий господствующий взгляд на проблему. Используемые подходы расширяют возможности анализа режимов функционирования финансовых рынков.

В ходе работы были получены следующие научные результаты:

- выявлено, что с началом функционирования ЕЦБ произошло изменение режима кредитно-денежной политики в США и Еврозоне (странах Европейского валютного союза до 1999 г.); связь кредитно-денежной политики с состоянием экономики, определяющимся показателями инфляции и дефицита производства, существенно ослабла;
- эмпирически выявлена тесная взаимосвязь валютного курса доллара к евро и ключевых процентных ставок центральных банков США и Еврозоны;
- предложен метод вывращения динамики дискретной многомерной системы, определяемой свойствами взаимосвязей между переменными;
- показана определяющая роль структуры взаимосвязи между ключевыми процентными ставками ФРС и ЕЦБ и валютным курсом доллара к евро в формировании динамики этих переменных;
- выявлено два режима функционирования валютного рынка, наблюдавшиеся в течение рассматриваемого периода (1994 – 2009 гг.); такие режимы определяются характеристиками взаимозависимости валютного курса и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ;
- осуществлена эмпирическая оценка линейных динамических систем, моделирующих поведение курса доллара к евро и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ;
- предложен метод эмпирической реконструкции нелинейных динамических систем по наблюдаемым линейным аппроксимациям;

- сформулирована новая для экономической литературы задача об идентификации всех возможных режимов, свойственных валютному рынку, и предложено ее решение;
- разработан формальный метод сценарного прогнозирования валютного курса доллара к евро и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ и построены среднесрочные сценарии.

**Практическая значимость исследования** заключается в том, что автором получена эффективная методика идентификации режимов функционирования валютного рынка пары евро-доллар и построена процедура среднесрочного прогнозирования валютного курса и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ.

В исследовании проводится попытка выявления типов динамики валютного курса как эндогенных состояний системы «процентные ставки центральных банков – валютный курс». Задача в предложенной постановке до сих пор не решалась в научной литературе. Предложенный в работе метод реконструкции динамических систем по наблюдаемым линейным аппроксимациям позволяет формализовать процесс сценарного прогнозирования динамики валютного рынка и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ.

Разработанные в исследовании подходы к эмпирической верификации моделей динамических систем могут быть эффективно использованы при прогнозировании динамики экономических переменных. Они позволяют применить к конкретному финансовому рынку разработанные в литературе теоретические подходы к анализу поведения динамических систем.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертационного исследования нашли отражение в ряде научных публикаций общим объемом около четырех п.л. в периодических изданиях, а также обсуждались на X Международной научной конференции ГУ-ВШЭ по проблемам развития экономики и общества. По материалам диссертационного исследования подготовлен учебный курс «Политика ФРС и ЕЦБ и валютный курс»,

читающийся в ГУ-ВШЭ на факультете Мировой экономики и мировой политики.

## **Структура работы**

Введение

Глава 1. Основные модели формирования валютного курса и их эмпирические проверки

- 1.1. Базовые концепции и основные модели валютного курса: их ограниченная эффективность
- 1.2. Дифференциальные уравнения в анализе валютного курса
- 1.3. Подходы к анализу режимов валютного курса

Глава 2. Моделирование кредитно–денежной политики ФРС и ЕЦБ

- 2.1. Спецификации функции реагирования
- 2.2. Конструирование базы данных для эмпирического анализа кредитно–денежной политики
- 2.3. Особенности кредитно–денежной политики ФРС и ЕЦБ. Анализ на основе функции реагирования

Глава 3. Саморазвивающиеся системы и признаки режимов

- 3.1. Возможные причины взаимодействия ФРС и ЕЦБ
- 3.2. Моделирование взаимного влияния ФРС и ЕЦБ на основе векторной авторегрессии
- 3.3. Модель бинарного выбора как способ выявления различных типов зависимости валютного курса от ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ.

Глава 4. Динамические системы

- 4.1. Моделирование наблюдавшихся режимов валютного рынка на основе линейной динамической системы

## 4.2. Режимы валютного рынка как состояния равновесия нелинейной динамической системы

Заключение

Библиография

Приложения

### **Основное содержание работы**

**Во введении** обосновывается актуальность выбранной темы, определяются цель и задачи работы, объект и предмет диссертационного исследования, а также раскрывается научная новизна и практическая значимость результатов исследования. В данном разделе уделяется внимание информационной, теоретической и методологической базе, на которой строится исследование.

**В первой главе** «Основные модели формирования валютного курса и их эмпирические проверки» рассматривается проблема моделирования поведения валютного курса с помощью существующих формальных моделей. Уделено внимание ряду наиболее распространенных в литературе теорий, объясняющих динамику валютного курса. Предпринята попытка систематизации известных в литературе результатов с целью дать ответ на вопрос о том, насколько хорошо теоретический анализ динамики валютного курса согласуется с эмпирическими данными. Обзор результатов эмпирических проверок таких моделей позволил выявить те фундаментальные факторы, которые в наибольшей степени определяют формирование курса доллара к евро.

В главе поставлена проблема метода моделирования валютного курса и рассматриваются альтернативы традиционным эконометрическим подходам, страдающим от ряда существенных недостатков. Рассмотрены подходы к анализу режимов валютного курса и выявлена необходимость поиска более объективных методов типологизации поведения валютного курса.

Вопрос взаимосвязи валютного курса с макроэкономическими переменными – один из самых существенных в экономической теории. Выделяют две

базовые гипотезы, которые рассматриваются и как самостоятельные подходы к объяснению динамики валютного курса, и как составляющие более сложных моделей: это гипотеза паритета покупательной способности и гипотеза паритета процентных ставок.

Гипотеза ППС не раз становилась предметом эмпирических проверок на основе эконометрических методов. В целом, результаты эмпирических проверок позволяют сделать вывод о несоответствии гипотезы ППС наблюдаемым данным. Особо отметим, что интересующая нас валютная пара евро-доллар – не исключение, и ее динамика не может быть объяснена с помощью ППС.

Гипотеза покрытого паритета процентных ставок, в целом подтверждается эмпирическими проверками. Проверка непокрытого паритета является более сложной задачей, поскольку ожидания участников рынка относительно будущего валютного курса, в отличие от форвардного валютного курса, ненаблюдаемы. Поэтому проверка осуществляется, как правило, совместно с проверкой гипотезы о рациональных ожиданиях. Как показывают исследования, разность процентных ставок объясняет только небольшую долю будущих изменений валютного курса.

Традиционные модели валютного курса строятся в предположении о выполнении упомянутых выше гипотез и основаны на кривых *IS*, *LM* и кривой Филипса. Общая идея заключается в нахождении такого валютного курса, который приводил бы к равновесию спроса и предложения на валюту. Наиболее известными моделями являются монетарная модель, модель Манделла-Флеминга, модель «жестких» цен Дорнбуша, теория портфельного баланса. К альтернативным подходам принято относить микроструктурные и поведенческие модели валютного рынка. В целом, традиционные модели не получают однозначного подтверждения своих объясняющих и, тем более, прогностических возможностей.

В главе проведен анализ того, как в литературе объяснялась динамика интересующей нас пары доллар-евро. С момента введения евро на рынке пре-

обладали ожидания, что его курс увеличится по отношению к доллару, об анализировали положительный счет текущих операций Еврозоны и ожидание сужения разности процентных ставок. Однако начался обратный процесс, и в 1999-2000 гг. евро снизился на 14 %. Ряд экономистов, таких как М.Мусса, Г. Корсетти, объясняют наблюдаемую динамику тем, что ожидания относительно превышения экономического роста Еврозоны над экономическим ростом США не оправдались. М. Гомес трактует падение евро как следствие недостатка доверия к недавно образовавшемуся Европейскому центральному банку. Участники рынка не знали, как будет ЕЦБ действовать в отношении инфляции, насколько эффективной будет его кредитно-денежная политика, формирование репутации центрального банка может продолжаться достаточно длительное время. Еще один вариант объяснения предложен в работе Праста. Он носит поведенческий характер и основан на модели асимметричной реакции инвесторов на экономические новости из США и Еврозоны.

Таким образом, многие исследователи предлагают успешные локальные объяснения, не ища универсальной закономерности. Они раскрывают причины динамики курса в определенные промежутки времени, но не выявляют основной механизм его формирования. Вместе с тем, некоторые результаты свидетельствуют в пользу процентных ставок как существенного универсального механизма формирования курса доллара к евро.

Недавние исследования выявляют существенную роль функции реагирования центральных банков в механизме формирования валютного курса. Наибольших успехов в данной области достигла работа Молодцовой. Динамику курса доллара к евро предложено объяснять на основе функций реагирования ФРС и ЕЦБ. На основе скользящих регрессий подтверждается способность модели прогнозировать валютный курс на один шаг вперед. Такой метод проверки учитывает изменяющуюся во времени структуру взаимосвязей между переменными, однако не дает ответа на вопрос о том, как изменяются взаимосвязи, и не позволяет построить прогноз на несколько шагов вперед.

Подавляющее большинство эмпирических проверок валютного курса выполнено на основе эконометрического анализа: для оценки взаимосвязей между переменными авторы используют коинтеграционные тесты, векторные авторегрессии, статистическую проверку гипотез. При этом либо модель оценивается на всей выборке и на этой основе рассматриваются некоторые статистические показатели, либо на каждом шаге вычисляется прогноз на один шаг вперед, и этот прогноз сравнивается с фактически наблюдаемым значением прогнозируемой переменной. Значение зависимой переменной на каждом шаге формируется на основе экзогенной информации. Таким образом, модель постоянно оказывается зашумленной сигналами, поступающими с новыми значениями объясняющих переменных, а ее собственные свойства, обеспечивающиеся ее структурой, подавляются.

Этот недостаток может быть преодолен двумя способами. Во-первых, с помощью рекуррентного подхода к оцениванию моделей, который позволит проследить развитие динамики переменных системы на некоторое число шагов вперед, формирующуюся исключительно самой системой, а не поступающей извне информацией. Данный подход, насколько известно автору, применяется в экономической литературе впервые.

Альтернативой этому пути выступает переход к непрерывному моделированию и построение динамических систем. Анализ траекторий решений систем и их фазовых диаграмм позволяет четко проследить, как параметры системы – характеристики предполагаемого механизма работы валютного рынка – влияют на поведение валютного курса.

В работе основное внимание уделено эмпирическому анализу динамических моделей. При этом анализ типологии поведения валютного курса на основе динамических систем впервые в литературе рассматривается в приложении к рынку конкретной валютной пары. Под *режимом валютного курса* подразумевается конкретная спецификация взаимосвязи валютного курса и ключевых процентных ставок центральных банков.

В литературе эмпирический анализ режимов проводится с позиции объяснения наблюдающихся на рынке закономерностей или же с позиции регулирования. Если отбросить последнее, то, делая грубое обобщение, в главе было выявлено единство логики анализа во всех работах в данной области, несмотря на широкое разнообразие используемых методов: исследователи ищут способы объяснить уже наблюдаемые типы поведения валютного курса, однако ни в одной из известных автору работ не ставится вопрос о поиске более общего механизма, порождающего различные режимы функционирования. Между тем, задача определения «закрытого списка», исчерпывающего перечня возможных режимов, которые могут быть свойственны валютному рынку, представляется крайне важной.

**Во второй главе** «Моделирование кредитно–денежной политики ФРС и ЕЦБ» рассматриваются вопросы моделирования кредитно-денежной политики. Подробный анализ ее типов и методов формализации преследует цель подбора наиболее адекватной формы строгого описания поведения центральных банков, которая позволила нам эмпирически оценить роль кредитно-денежной политики ЕЦБ и ФРС в формировании курса доллара к евро.

Выделяют два вида кредитно-денежной политики: дискреционная и политика, следующая определенному правилу. Дискреционная кредитно-денежная политика предполагает, что у центрального банка нет четкого алгоритма для принятия решений. В каждый момент принятия решения центральный банк анализирует всю доступную информацию, и ориентируется, прежде всего, на конкретные обстоятельства.

Политика, основанная на определенном правиле, предполагает, что центральный банк использует или, по крайней мере, ориентируется на некоторый алгоритм действий. В широком спектре исследований подтверждается реалистичность правил кредитно-денежной политики.

Традиционно выделяют два основных правила кредитно-денежной политики. В экономической литературе они известны как инструментальные правила и правила таргетирования.

Инструментальное правило кредитно-денежной политики – это заданная функциональная зависимость инструментов кредитно-денежной политики центрального банка от переменных, характеризующих состояние экономики. Такая функциональная зависимость называется функцией реагирования. Большинство исследователей приходят к выводу, что центральному банку следует придерживаться функции реагирования.

Правило таргетирования означает, что у центрального банка имеется целевая функция (функции потерь), которую он минимизирует. Такая функция позволяет любую экономическую ситуацию охарактеризовать с точки зрения ее приемлемости для центрального банка. При этом у банка отсутствует строго определенный механизм реагирования на изменение экономических индикаторов.

Такой подход к кредитно-денежной политике потенциально ограничивает возможности описания поведения центральных банков функцией реагирования. Однако если банки строго придерживаются своих целей, то применение конкретных инструментов кредитно-денежной политики должно быть коррелировано с целевыми переменными.

Из всех существующих стратегий кредитно-денежной политики инфляционное таргетирование наиболее соответствует практике кредитно-денежной политики ФРС и ЕЦБ. Это означает, что ФРС и ЕЦБ стремятся достичь ценовой стабильности, а также реагируют на изменения в реальном секторе экономики.

Главным инструментом кредитно-денежной политики ФРС и ЕЦБ являются операции на открытом рынке. В главе обосновывается, что краткосрочная процентная ставка межбанковского рынка является наиболее информативным показателем кредитно-денежной политики.

Изучение проблемы выбора конкретного вида функции реагирования показало, что функции реагирования вида (1) являются достаточно эффективным инструментом описания кредитно-денежной политики центрального банка:

$$i - i^* = \theta_{\pi}(\pi - \pi^*) + \theta_q(q - q^*) \quad (1),$$

где  $i$  – краткосрочная номинальная ставка процента,  $i^*$  – номинальная целевая ставка процента,  $\pi$  – уровень инфляции,  $\pi^*$  – целевой уровень инфляции,  $q$  – реальный выпуск в экономике,  $q^*$  – потенциальный уровень выпуска в экономике.

ЕЦБ имеет приоритетную и формально определенную цель ценовой стабильности, соответствующей значению 2% гармонизированного индекса потребительских цен *HICP*. ФРС, имеет несколько целей, между которыми не расставлены приоритеты, и понятия ценовая стабильность не имеет официального количественного выражения, однако, по оценкам, ее можно считать приблизительно соответствующей уровню 2% по индексу потребительских цен *CPI*.

Оценка функций реагирования для каждого банка в отдельности позволила выявить два различных режима кредитно-денежной политики ФРС и ЕЦБ. Один из них, характерный для США и Еврозоны (стран ЭВС) в период с февраля 1994 по декабрь 2001 гг., хорошо описывается функцией реагирования. Второй имеет, по-видимому, другую природу, плохо связанную с целевыми переменными центральных банков, хотя во время кризиса корреляция модельных и фактических процентных ставок зримо увеличилась.

Один из главных недостатков функции реагирования – ее линейный вид. Такая форма способна описывать поведение центральных банков в определенные периоды, однако она не способна учитывать и, что более существенно, предсказывать изменения в приоритетах кредитно-денежной политики, изменения в структуре экономики, приводящие к изменению коэффициентов функции реагирования. Линейность может возникать как проявление более сложных, в основе своей нелинейных взаимосвязей переменных в определенных точках

развития экономической системы. Возможно, чувствительность коэффициентов модели к выборке является следствием этого факта.

*Синхронность* изменений в кредитно-денежной политике ФРС и ЕЦБ – существенный вывод проведенного анализа. Этот факт позволил выдвинуть гипотезу о взаимном влиянии центральных банков.

**В третьей главе** «Саморазвивающиеся системы и признаки режимов» строится формальная модель, описывающая поведение ЕЦБ и ФРС и позволяющая получить среднесрочный прогноз ключевых процентных ставок этих банков. Для этого предложено использовать векторную авторегрессию со специфическим рекуррентным способом оценки коэффициентов. Данная модель позволила выявить исключительную роль индекса эония и ставки по федеральным фондам в системе переменных, характеризующих экономику США и Еврозоны.

Применение модели бинарного выбора дала возможность ослабить предположение о жестком детерминистском характере взаимозависимости переменных и даст возможность идентифицировать связь валютного курса с процентными ставками в вероятностной форме. Модель позволила выявить два наблюдаемых режима функционирования валютного рынка.

Модель векторной авторегрессии, соответствующая нашей гипотезе о взаимодействии центральных банков, записывается следующим образом (2):

$$\begin{pmatrix} eonia_t \\ hicp_t \\ ezgap_t \\ ffr_t \\ cpi_t \\ usgap_t \\ dextr_t \end{pmatrix} = \mathbf{Q} \begin{pmatrix} 1 \\ eonia_{t-1} \\ hicp_{t-1} \\ ezgap_{t-1} \\ ffr_{t-1} \\ cpi_{t-1} \\ usgap_{t-1} \\ dextr_{t-1} \end{pmatrix} + \mathbf{e}_t \quad (2)$$

где  $eonia_t$  – индекс эония,  $ffr_t$  – ставка по федеральным фондам,  $dextr_t \equiv \frac{\ln(exr_t)}{\ln(exr_{t-1})}$  – логарифмические приросты курса доллар к евро – параметры модели,  $usgap_t$  –

дефицит выпуска в США,  $ezgap_t$  – дефицит выпуска в Еврозоне в момент времени,  $cpi_t$  – индекс потребительских цен США (в годовом выражении),  $hicp_t$  – гармонизированный индекс потребительских цен Еврозоны,  $\mathbf{Q} = \|\theta_{ij}\|$ ,  $i = 1 \dots 8$ ,  $j = 1 \dots 7$  – матрица неизвестных коэффициентов модели,  $\mathbf{e} = \varepsilon_j$  – вектор случайных ошибок. Индексы инфляции входят в модель с уже вычтенным целевым значением.

Был предложен такой алгоритм прогнозирования на основе векторной авторегрессии, который обеспечил учет изменения параметров во времени. На шаге  $t$  оцениваются параметры модели на основе предыдущих значений временных рядов определенной глубины, т.е. на основе обучающей выборки определенного размера. После получения оценок рассчитываются прогнозные значения переменных для шага  $t + 1$ . Затем опять происходит процедура оценки на основе обучающей выборки, которая имеет тот же размер, что и на предыдущем шаге, но смещается во времени на одно наблюдение вперед. Таким образом, предложенный алгоритм порождает *вневыборочные* прогнозные значения.

Результаты прогнозирования процентных ставок на период с февраля 2004 по январь 2008 гг. (используется только информация, доступная на конец января 2004 г.) приведены на рис. 1, 2.

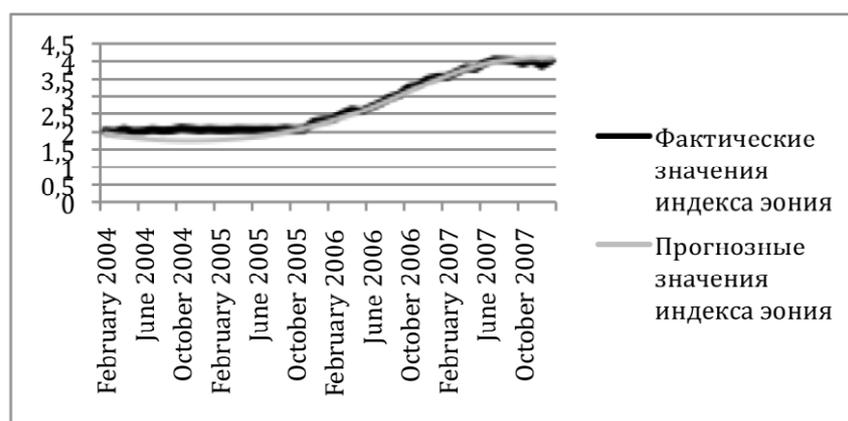
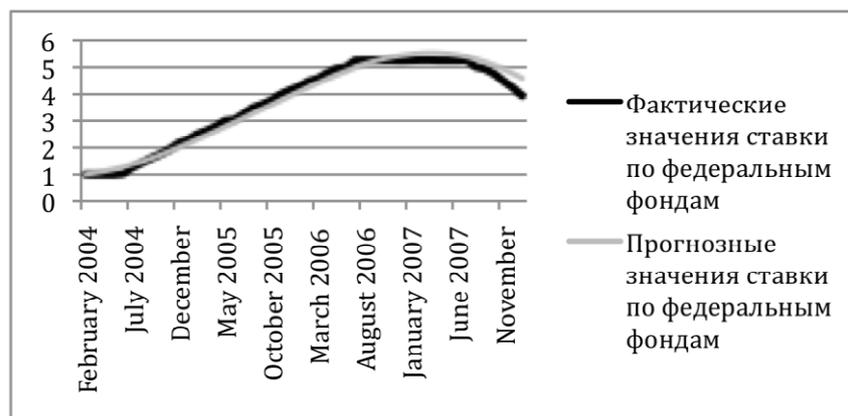


Рис. 1. Прогнозные и фактические значения индекса эония, февраль 2004 – январь 2008 гг.



*Рис. 2. Прогнозные и фактические значения ставки по федеральным фондам, февраль 2004 – январь 2008 гг.*

Как видно из графиков, получен очень качественный прогноз процентных ставок на огромный по меркам вневыборочного прогнозирования период – четыре года, т.е. 48 модельных периодов. Важным фактом является способность модели уловить как фазы увеличения процентных ставок, так и фазы снижения, при этом момент перелома тенденции отражен очень точно как по времени наступления, так и по абсолютному значению.

При этом прогноз валютного курса, как и других переменных, входящих в систему, за исключением процентных ставок, оказался крайне неточным. Отметим, однако, что при некоторых условиях система выдает точный прогноз и валютного курса. Это может говорить о том, что взаимосвязь между ключевыми процентными ставками центральных банков и валютным курсом все же существует, однако имеет другую форму, которая лишь в некоторые моменты времени описывается векторной авторегрессией.

В главе рассмотрена и усеченная система, в которую входят только процентные ставки центральных банков, а все остальные переменные исключены. В этом случае траектории процентных ставок на том же самом прогнозном периоде и с такой же длиной обучающей выборки пренебрежимо мало отличаются от траекторий в большой системе. В данных о поведении процентных ставок

ФРС и ЕЦБ, как оказалось, заложена информация о будущих траекториях развития на значительный горизонт.

Более подробная характеристика прогностических свойств системы на основе анализа точности прогноза на разных периодах выборки и для различных длин базисного периода позволяет получить следующие выводы. Приблизительно после апреля 2002 г. система стала устойчиво прогнозировать поведение ЕЦБ, поведение ФРС стало устойчиво прогнозироваться полтора года спустя. При этом среднее относительное отклонение прогнозов от фактических значений на каждом шаге прогнозирования колеблется в районе 2-10%. Значительная разница между прогнозами в первой и второй частях выборки позволяет говорить о смене механизма формирования ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ.

На протяжении рассматриваемого периода наблюдалось два режима действий ФРС и ЕЦБ. Один режим хорошо описывается традиционной функцией реагирования, в рамках данного режима решения по процентной ставке принимаются, главным образом, на основе целевых показателей центральных банков – дефицита выпуска и инфляции. В рамках второго режима поведение ФРС и ЕЦБ предопределено их взаимным влиянием.

При этом предложенная в главе модель лишь изредка могла с достаточной степенью точности прогнозировать валютный курс. Логика исследования привела к необходимости рассмотреть более гибкую модель зависимости валютного курса и ключевых процентных ставок – модель бинарного выбора. Она позволяет оценить сам факт наличия взаимосвязи между переменными, не ограничиваясь конкретной формой взаимосвязи, которая в традиционных регрессионных проверках имеет линейный вид.

Показателем качества модели служит доходность стратегии, основанной на прогнозах модели, и статистику верно предсказанных направлений изменения валютного курса.

Динамика виртуального инвестиционного портфеля характеризуется относительно стабильным ростом, за исключением двух явно выраженных периодов спада (сильных колебаний): ноябрь 2005 – январь 2007 гг. и июнь 2008 – июль 2010 гг. Плохая прогнозируемость валютного курса во второй период, скорее всего, связана с мировым финансовым кризисом, в условиях которого, очевидно, нарушилось соотношение валютного курса и разности процентных ставок, действующее в «нормальное» время. Однако первый период нельзя охарактеризовать какими-либо серьезными экономическими шоками.

Намеченные два состояния рынка можно назвать его режимами. Для каждого из этих режимов характерна своя структура взаимосвязи между процентными ставками и валютным курсом.

**В четвертой главе** «Динамические системы» рассмотрено применение динамических систем к анализу валютного рынка. Разработан метод, позволяющий эмпирически идентифицировать полный перечень свойственных валютному рынку режимов. Показано, что равновесные состояния нелинейной системы формируют рыночные режимы, каждый из которых может быть выражен с помощью более простой линейной системы, включающей в себя три переменных: ключевые процентные ставки ФРС и ЕЦБ и курс доллара к евро.

В главе анализировалась система линейных дифференциальных уравнений (3):

$$\begin{aligned} \frac{dFFR}{dt} &= m_{11}FFR + m_{12}EONIA + m_{13}EXR, \\ \frac{dEONIA}{dt} &= m_{21}FFR + m_{22}EONIA + m_{23}EXR, \\ \frac{dEXR}{dt} &= m_{31}FFR + m_{32}EONIA + m_{33}EXR, \\ FFR(0) &= c_1, \quad EONIA(0) = c_2, \quad EXR(0) = c_3 \end{aligned} \quad (3),$$

где  $EXR$  – курс доллара к евро,  $FFR$  – ставка по федеральным фондам,  $EONIA$  – индекс эония,  $t$  – переменная времени,  $m_{ij}, i = 1 \dots 3, j = 1 \dots 3$  – неизвестные параметры модели,  $c_i$  – начальные условия. Системы линейных дифференциальных уравнений, подобные системе (3), всегда имеют решение.

Исследование в предыдущих главах позволило выявить два временных отрезка, которые различаются характером взаимосвязи ставки по федеральным фондам, индекса эония и курса доллара к евро. Посредством минимизации суммы квадратов отклонений модельных значений от фактических на этих отрезках мы получаем два набора коэффициентов динамической системы:  $M_1$  – первого периода,  $M_2$  – для второго периода.

В рамках каждого периода линейная динамическая система описывает фактическую динамику переменных с хорошим приближением (см. рис. 3–8), но применение матрицы параметров, оцененной для одного периода, к другому, резко ухудшает качество модели (на рисунках не показано). Возможность успешного моделирования процентных ставок и валютного курса с помощью автономных линейных динамических систем показывает высокую степень независимости этих переменных от прочих факторов.

В отличие от традиционных моделей, включающих в себя большое количество объясняющих переменных, наша система выявляет наличие внутренних законов развития в связке «ставка-курс». Мы показали, что ставка по федеральным фондам, индекс эония и курс доллар-евро могут выражены как функции только от переменной времени. Это подтверждает устойчивость механизмов их формирования, которые обусловлены не внешним воздействием, а особенностями взаимосвязей внутри рассмотренной системы на каждом из выделенных периодов.

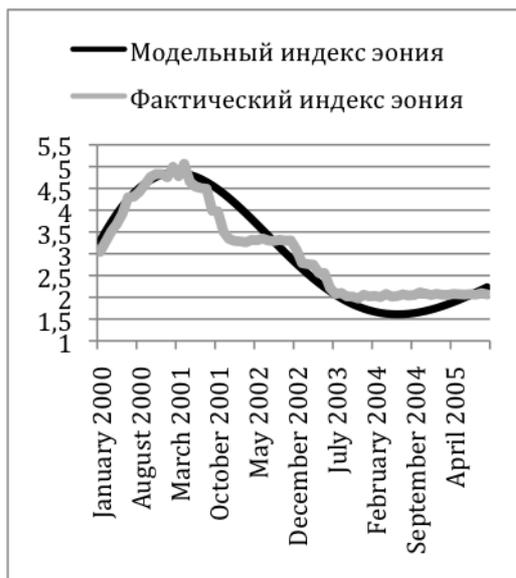


Рис. 3. Динамика модельного и фактического индексов эония. Январь 2000 – октябрь 2005 гг.

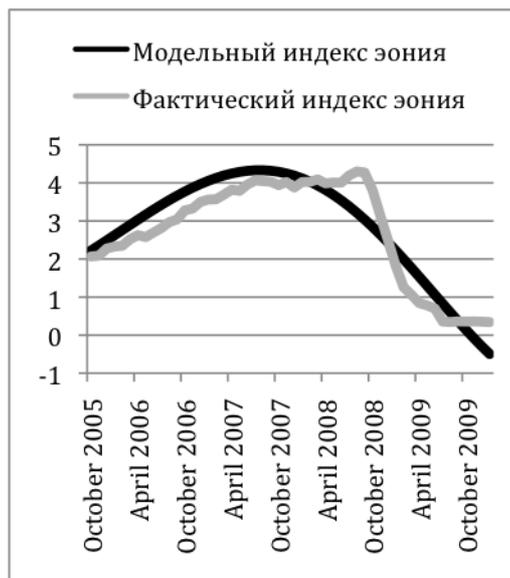


Рис. 4. Динамика модельного и фактического индексов эония. Октябрь 2005 – январь 2010 гг.

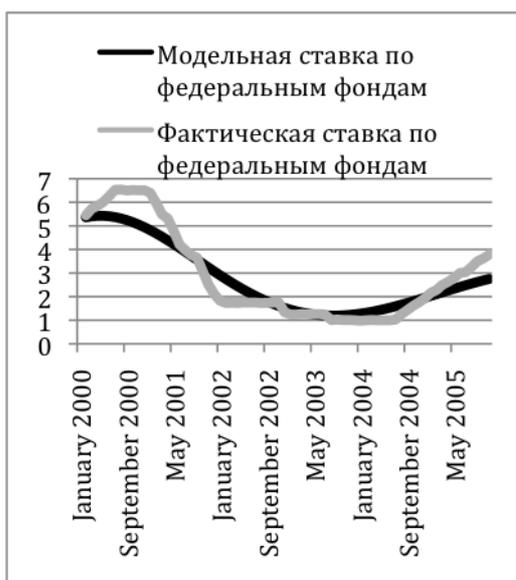


Рис. 5. Динамика модельной и фактической ставок по федеральным фондам. Январь 2000 – октябрь 2005 гг.

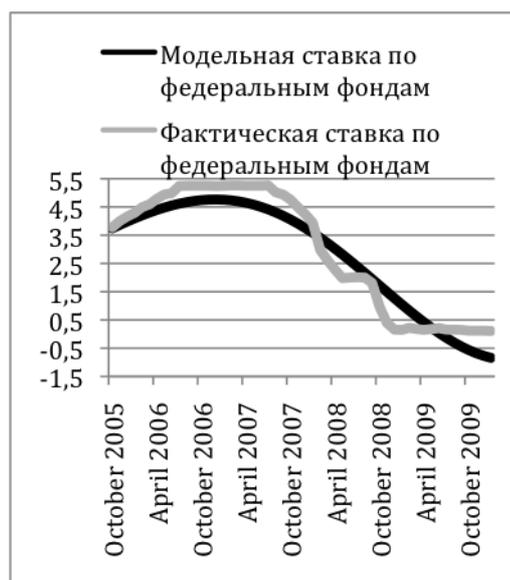
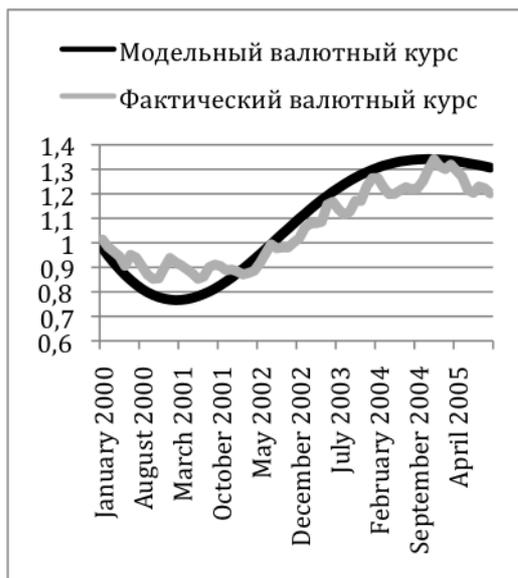
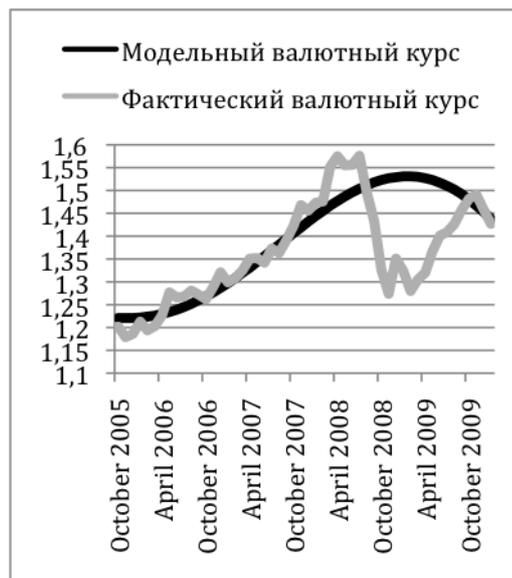


Рис. 6. Динамика модельной и фактической ставок по федеральным фондам. Октябрь 2005 – январь 2010 гг.



*Рис. 7. Динамика фактического и модельного валютных курсов. Январь 2000 – октябрь 2005 гг.*



*Рис. 8. Динамика модельного и фактического валютных курсов. Октябрь 2005 – январь 2010 гг.*

Каждый режим соответствует определенному типу динамики параметров порядка – валютного курса и процентных ставок, и наблюдавшееся переключение между режимами произошло практически мгновенно. Идентификация режимов эквивалентна выбору мотивации, которой руководствуются участники валютного рынка при выборе своих ожиданий. К примеру, в первом периоде ведущей мотивацией служили краткосрочные ожидания, во втором – среднесрочные.

Фундаментальный закон формирования наблюдаемых режимов обеспечивает существование ограниченного набора спецификаций взаимосвязи между переменными. Формализация такого закона возможна на основе теоремы Гробмана–Хартмана. Утверждения теоремы позволяют интерпретировать траектории полученных систем линейных дифференциальных уравнений как представление поведения некоторой нелинейной системы в окрестностях ее равновесных точек.

Задача заключалась в том, чтобы восстановить вид нелинейной системы, зная численные значения элементов ее матрицы Якоби в двух неподвижных точках. Эти две точки равновесия в фазовом пространстве нелинейной системы

соответствуют двум исторически наблюдавшимся режимам, для которых выше были оценены линейные динамические системы.

Нелинейная система имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= F_1(x, y, z), \\ \dot{y} &= F_2(x, y, z), \\ \dot{z} &= F_3(x, y, z) \end{aligned} \quad (4)$$

Соответствующая ей матрица Якоби записывается так:

$$J(x,y,z) = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x} & \frac{\partial F_1}{\partial y} & \frac{\partial F_1}{\partial z} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x} & \frac{\partial F_2}{\partial y} & \frac{\partial F_2}{\partial z} \\ \frac{\partial F_3}{\partial x} & \frac{\partial F_3}{\partial y} & \frac{\partial F_3}{\partial z} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Если матрицы  $M_1$  и  $M_2$  – это матрицы Якоби в двух неподвижных точках, то должны выполняться следующие равенства:

$$\begin{aligned} J(x_1, y_1, z_1) &= M_1, \\ J(x_2, y_2, z_2) &= M_2 \end{aligned} \quad (6)$$

где  $(x_1, y_1, z_1)$  и  $(x_2, y_2, z_2)$  – неподвижные точки системы (4) Последнее условие в свою очередь ведет к необходимости выполнения еще нескольких равенств:

$$\begin{aligned} F_i(x_k, y_k, z_k) &= 0, \\ i &= 1 \dots 3, k = 1 \dots 2 \end{aligned} \quad (7)$$

Объединенная система (6)–(7) обеспечивает соответствие в смысле теоремы Гробмана-Хартмана траекторий линейных систем с матрицами коэффициентов  $M_1$  и  $M_2$  траекториям нелинейной системы в окрестностях ее неподвижных точек.

Сделаем предположение о конкретном виде элементов матрицы Якоби (5). Такое предположение автоматически определяет и вид самой нелинейной системы. Решения объединенной системы позволяют получить численные значения неподвижных точек системы (4), которым соответствуют матрицы  $M_1$  и  $M_2$ , а также значения параметров, входящих в производные функций  $F_1, F_2, F_3$ . Для обеспечения совместности системы из 24 уравнений, необходимо, чтобы

она содержала не менее 24 неизвестных. Такому условию удовлетворяет, например, параметризация элементов матрицы Якоби как линейных функций, при которой ее элементы имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} J_{i1}(x,y,z) &\equiv \frac{\partial F_i}{\partial x} = a_{i1}x + b_{i1}, \\ J_{i2}(x,y,z) &\equiv \frac{\partial F_i}{\partial y} = a_{i2}y + b_{i2}, \\ J_{i3}(x,y,z) &\equiv \frac{\partial F_i}{\partial z} = a_{i3}z + b_{i3} \end{aligned} \quad (8)$$

где  $a_{ij}, b_{ij}$  - неизвестные параметры,  $i=1..3, j=1..3$ . В этом случае объединенная система (6)–(7) содержит необходимое количество неизвестных, а функции  $F_1, F_2, F_3$  имеют нелинейный вид:

$$F_i(x,y,z) = \frac{1}{2}a_{i1}x^2 + b_{i1}x + \frac{1}{2}a_{i2}y^2 + b_{i2}y + \frac{1}{2}a_{i3}z^2 + b_{i3}z \quad (9)$$

Система (6)-(7) с учетом (8) и (9) включает в себя 24 уравнения и 24 неизвестных: 18 параметров  $a_{ij}, b_{ij}$ ,  $i=1..3, j=1..3$  и две тройки координат  $(x_k, y_k, z_k), k=1..2$ , определяющих неподвижные точки системы (4). Решения системы были найдены численными методами в среде *Mathcad 13*.

Полученные значения параметров дают возможность найти *все* неподвижные точки системы (4) из решения соответствующей системы алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} F_i(x, y, z) &= 0, \\ i &= 1..3 \end{aligned} \quad (10)$$

Система (10) имеет семь нетривиальных решений, что определяет существование *семи режимов валютного курса и процентных ставок, два из которых уже наблюдались на рынке.*

Анализ системы (3) выявил, что матрицы  $J_1, J_5, J_6, J_7$  приводят к неподобной динамике переменных, поэтому такие режимы не рассматриваются.

Было идентифицировано три режима, свойственных динамике моделируемых переменных. Этим режимам соответствуют матрицы  $J_2, J_3, J_4$ . До насто-

ящего времени мы наблюдали действие режима  $J_2$ . Следовательно, возможны три сценария дальнейшего поведения курса доллара к евро и ключевых процентных ставок ФРС и ЕЦБ (см. рис. 9–11):

- рынок продолжает функционировать в действующем режиме  $J_2$ ;
- происходит переключение на одну из двух альтернатив –  $J_3$  или  $J_4$ .

При построении решений системы (3) в качестве начальных значений были выбраны:

- ✓ в случае матриц  $J_3, J_4$  – последнее доступное на текущий момент значение временного ряда (июль 2010 г.);
- ✓ в случае матрицы  $J_2$  – значение временного ряда на момент наблюдавшегося переключения режимов (сентябрь 2005 г.), учитывая, что режим  $J_2$  уже действовал на протяжении октября 2005 – июль 2010 гг.

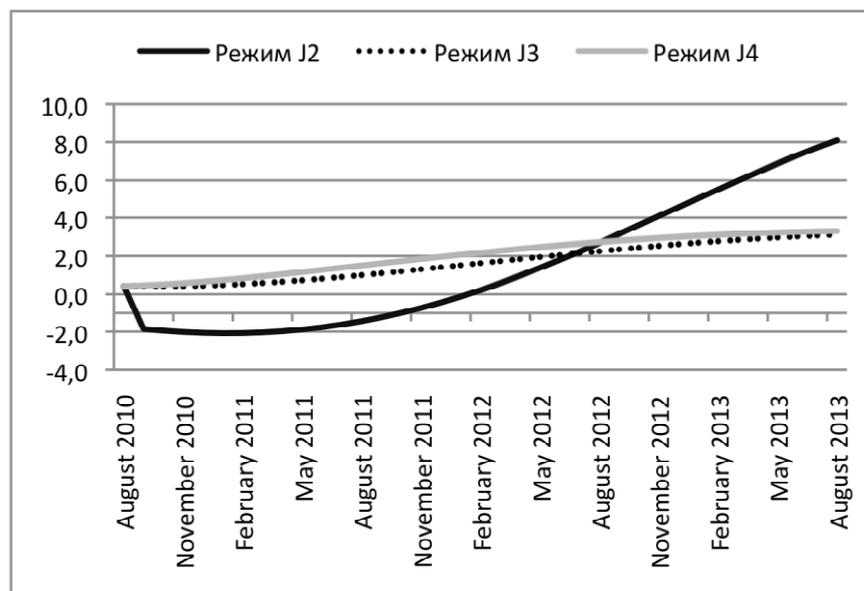


Рис. 9. Три сценария динамики индекса зония. Сентябрь 2010 – август 2013

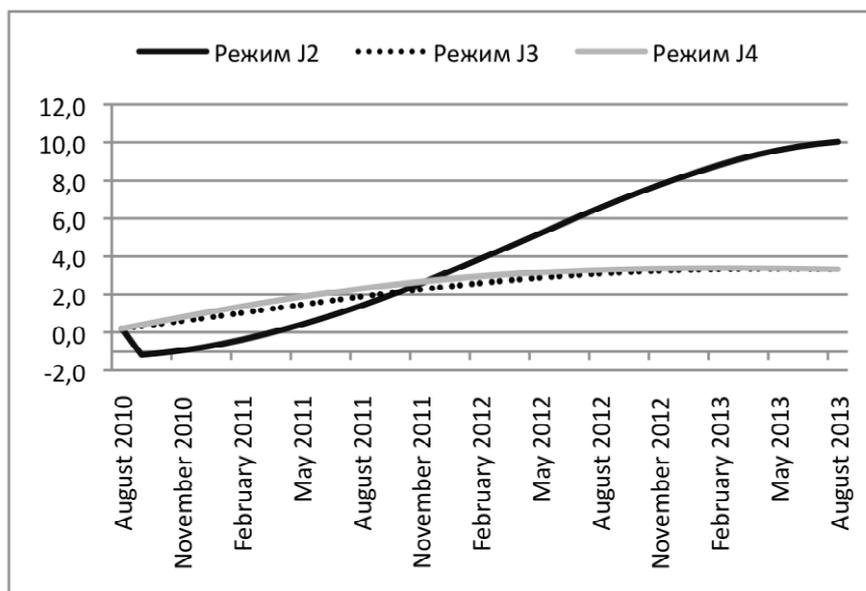


Рис. 10. Три сценария динамики ставки по федеральным фондам. Сентябрь 2010 – август 2013 гг.

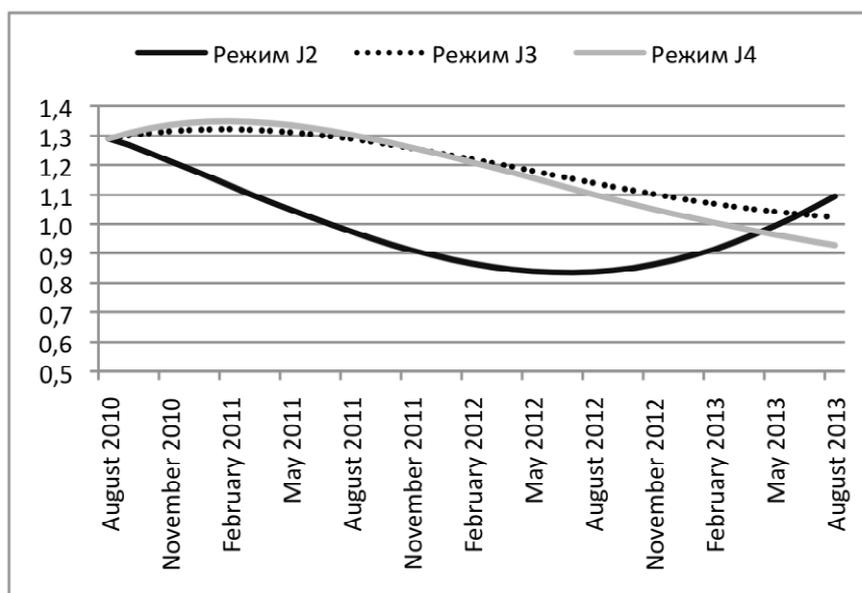


Рис. 11. Три сценария динамики обменного курса доллар-евро. Сентябрь 2010 – август 2013 гг.

Мы видим, что переключение на режим  $J_3$  или  $J_4$  приведет к постепенному увеличению в течение прогнозного периода индекса эония в пределах трех процентных пунктов и ставки по федеральным фондам в пределах двух процентных пунктов, обменный курс при этом будет колебаться в границах 1–1.4

доллара за евро. Продолжение функционирования системы в текущем режиме также приведет к увеличению ключевых процентных ставок, однако оно начнется спустя некоторое время и будет более резким; валютный курс при этом будет находиться в границах 0.8–1.4.

Заметим, что в случае устойчивости равновесий в модель необходимо ввести внешнюю нагрузку, которая позволила бы моделировать переход из одного режима в другой. Нагрузка должна быть нулевой в окрестности равновесий, чтобы обеспечивалась наблюдающаяся устойчивость режимов, однако при случайном колебании системы за пределы этой окрестности нагрузка должна резко возрастать, переводя систему в новое равновесие.

Можно предложить, например, ввести внешнюю нагрузку в систему (4) следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= F_1(x, y, z) + \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{0.25}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{\frac{1}{2\sigma^2}(x-\bar{x}_i)^2} \right]^k \cdot f_1(t), \\
 \dot{y} &= F_2(x, y, z) + \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{0.25}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{\frac{1}{2\sigma^2}(y-\bar{y}_i)^2} \right]^k \cdot f_2(t), \\
 \dot{z} &= F_3(x, y, z) + \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{0.25}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{\frac{1}{2\sigma^2}(z-\bar{z}_i)^2} \right]^k \cdot f_3(t)
 \end{aligned} \tag{11}$$

где  $f_j(t)$  – внешняя нагрузка,  $j = 1, \dots, 3$ ;  $n$  – количество равновесий системы (4),  $(\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i)$  – равновесные точки системы (4),  $\sigma$  и  $k$  – параметры коэффициентов при внешней нагрузке, которые отвечают за размер окрестности равновесных точек, в которой нагрузка остается нулевой.

Численное моделирование показывает, что такой вид коэффициентов при внешней нагрузке удовлетворяет нашим требованиям.

**В заключении** приводятся основные выводы, полученные в диссертации.

Основные положения и выводы диссертационного исследования нашли отражение в пяти опубликованных научных работах общим объемом 5.4 п.л.:

1. *Камротов М.В.* «Кредитно-денежная политика и валютный курс как инструмент ФРС и ЕЦБ: возможная причина кризиса и прогноз на

- ближайшие годы» в *Мировая финансовая система после кризиса: оценки и прогнозы* Под. ред. Евстигнеева В.Р., С. 33-72. Москва: Маросейка, 2009.
2. *Камротов М. В.* Кредитно-денежная политика США и Еврозоны: координация действий центральных банков и последствия для валютного курса доллара к евро // *Экономика XXI века.* 2009. № 10. С. 61–84.
  3. *Камротов М.В.* Кредитно-денежная политика ФРС и ЕЦБ: достижение заявленных целей или игра в процентные ставки? // *Вестник НАУФОР.* 2009. № 3. С. 34-41.
  4. *Камротов М.В.* Политика Федеральной Резервной Системы США и Европейского центрального банка: прогнозирование валютного курса // *Экономика XXI века.* 2008. № 10. С. 3–36.
  5. *Камротов М.В.* Режимы кредитно-денежной политики США и Еврозоны и валютный курс доллара к евро // ***Международная экономика.*** 2009. № 8. С. 30–41.