

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК: 330.3

JEL: C82; C92; D84; E52; E58; E70

### Формирование инфляционных ожиданий экономических агентов и эффективность политики Центрального банка: экспериментальный подход

*Е. В. Полякова, Ю. В. Вымятина*

Европейский университет в Санкт-Петербурге,  
Российская Федерация, 191187, Санкт-Петербург, Гагаринская ул., 6/1А

**Для цитирования:** Полякова Е. В., Вымятина Ю. В. (2021) Формирование инфляционных ожиданий экономических агентов и эффективность политики Центрального банка: экспериментальный подход. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. Т. 37. Вып. 3. С. 442–473. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.304>

Ожидания гетерогенных экономических агентов играют ключевую роль в современной макроэкономической теории. Поскольку традиционные предположения о существовании рационального репрезентативного агента и его возможностях формировать ожидания, совместимые с моделями, описывающими процессы изменения реальных макроэкономических переменных, справедливо подвергаются серьезной критике, важным инструментом получения новых знаний о формировании ожиданий индивидов становятся лабораторные эксперименты. В предлагаемой работе приводится обзор результатов экспериментов с обучением прогнозированию (learning-to-forecast experiments) на основе новокейнсианской модели, которые позволяют выявить особенности процессов формирования ожиданий агентов и разработать рекомендации для повышения эффективности денежно-кредитной политики Центрального банка. Особое внимание уделяется инфляционным ожиданиям агентов и специфике применения различных типов инфляционного таргетирования. Представлен анализ последствий раскрытия информации о целевом уровне инфляции на инфляционные ожидания агентов и динамику основных макроэкономических переменных для двух режимов инфляционного таргетирования — строгого и гибкого. Проведено сопоставление точечной и интервальной версий инфляционного таргетирования в условиях шоков различной интенсивности, воздействующих на экономику. Результаты экспериментов с обучением прогнозированию, представленные в обзоре, подтверждают возможности обучения и переключений используемых эвристических правил, а также свидетель-

ствуют о присутствии определенных когнитивных ограничений у агентов, распространяющих способ, с помощью которого формируются ожидания, на все макроэкономические переменные, относительно которых составляется прогноз.

*Ключевые слова:* поведенческая макроэкономика, экспериментальная макроэкономика, эксперименты с обучением прогнозированию, новокейнсианская модель, гетерогенные ожидания, инфляционное таргетирование.

## Введение

Ожидания гетерогенных экономических агентов необходимо принимать во внимание как при разработке макроэкономических моделей, позволяющих получать адекватные прогнозы развития событий в условиях различных сценариев, так и при выработке мер денежно-кредитной политики (ДКП) с целью повышения ее эффективности. Процессы формирования ожиданий агентов относительно ключевых макроэкономических переменных достаточно давно находятся в центре внимания экономистов, однако подходы к моделированию, измерению и оценке ожиданий, выявлению важнейших факторов, оказывающих влияние на их формирование, постоянно совершенствуются и наполняются новыми деталями.

Значительный теоретический и практический интерес представляют, в частности, инфляционные ожидания агентов, которые являются одним из важнейших ориентиров при осуществлении Центральным банком ДКП и могут быть объектом целенаправленного воздействия за счет выстраивания коммуникации денежных властей.

Наиболее востребованными методами измерения инфляционных ожиданий в современной мировой практике являются социологические опросы, биржевые индикаторы, эконометрические (математические) модели, а также сравнительно новые методы исследования больших данных [Balatsky, Yurevich, 2018]. Социологические опросы, реализуемые в странах с развитой экономикой на регулярной основе и традиционно охватывающие различные категории граждан (рядовых представителей населения, профессиональных составителей прогнозов, экспертов), при всей своей информативности сопряжены со значительными временными и финансовыми затратами и, кроме того, демонстрируют высокую чувствительность к составу выборки респондентов.

Несомненным преимуществом так называемого биржевого подхода является возможность получения ежедневных сведений об инфляционных ожиданиях участников фондового рынка и последующей оценки факторов, оказывающих влияние на настроения агентов. Тем не менее остаточный метод расчета биржевых индексов инфляционных ожиданий ставит под сомнение его валидность и является предметом экономического дискурса. Е. В. Балацкий и М. А. Юревич отмечают также наличие некоторой «защиты» в биржевые методы регулятивной коллизии (номинальная доходность инструмента Министерства финансов оказывается вторичной характеристикой деятельности Центрального банка) и рассматривают этот тип инфляционных ожиданий как квазимонетарный фактор инфляции [Balatsky, Yurevich, 2018].

Следует отметить, что использование аппарата математического моделирования является исключительно важным с точки зрения выявления факторов, влияю-

щих на процессы формирования ожиданий, в силу чего утверждения о невысокой перспективности применения этого метода являются, на наш взгляд, достаточно спорными. Хотя результаты социологических опросов и пользуются наибольшим доверием Центральных банков, математические модели способны значительно расширить представления регулятора о сущности процессов формирования ожиданий агентов. В академической литературе насчитывается несколько десятков математических моделей, используемых для прогнозирования уровня инфляции. Эволюция подходов к моделированию ожиданий агентов относительно уровня инфляции, начиная с исторически первых попыток формализации процессов их формирования в условиях гиперинфляции, обсуждается, например, в работе [Vumyatnina, Polyakova, 2021]. В рамках модельного подхода в последние годы активно ведутся весьма информативные исследования якорения ожиданий агентов и их влияния на уровень инфляции в условиях как российских, так и зарубежных реалий (см., например: [Evdokimova, Zhirnov, Klaver, 2019]).

Достаточно перспективным подходом к измерению ожиданий является применение универсальных методов обработки больших массивов данных (big data), получаемых, в частности, в сети Интернет. BD-технологии, или BD-методы, многими исследователями расцениваются как наиболее перспективные и претендующие на первые места в рейтинге популярности различных методов оценки инфляционных ожиданий наряду с социологическими опросами. В целом ряде работ зарубежных и российских авторов приводятся результаты анализа больших массивов текстовых данных, обсуждаются проблемы построения и ранжирования индексов, характеризующих состояние экономики, на основе автоматической обработки новостей, поисковых запросов, комментариев в социальных сетях (см., например: [Goloshcharova, Andreev, 2017; Ulyankin, 2020; Baranowski et al., 2021]). Краткие обзоры преимуществ, возможностей и ограничений исследований, посвященных контекстному анализу, можно найти в работах [Balatsky, Yurevich, 2018; Vumyatnina, Polyakova, 2021].

Таким образом, накопление знаний об ожиданиях экономических агентов происходит с использованием различных методов выявления и оценки ожиданий, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны, в силу чего не может быть признан единственно верным методом для целей регулятора и гарантировать адекватное сопряжение с реальной динамикой макроэкономических переменных. По-видимому, одновременное использование нескольких взаимодополняющих методов измерения ожиданий агентов с последующей проверкой их прогностических свойств является наиболее дееспособным и продуктивным подходом к реализации практической аналитики.

Заметим, что проблемы формирования ожиданий экономических агентов, в том числе инфляционных, гораздо менее освещены в отечественной научной литературе по сравнению с проблемами измерения и оценки ожиданий, которые обсуждаются, например, в упомянутых выше обзорных работах [Balatsky, Yurevich, 2018; Vumyatnina, Polyakova, 2021]. Разнообразие личностных характеристик экономических агентов и особенностей восприятия ими окружающей действительности обуславливают необходимость расширения знаний о принятии решений индивидами, которые в реальной жизни демонстрируют различные поведенческие эффекты (behavioral biases), используют эвристические алгоритмы, не всегда спо-

собны правильно оценивать вероятности событий и строить адекватные прогнозы. Понимание особенностей процессов формирования ожиданий различными группами экономических агентов играет особую роль в обеспечении эффективности политики Центрального банка.

Наряду с методологически отлаженными процедурами проведения опросов и последующей обработки полученных данных, позволяющими выявлять краткосрочные и долгосрочные ожидания агентов, важным инструментом получения новых знаний о формировании ожиданий становятся лабораторные эксперименты, обсуждению которых в последнее десятилетие уделяется большое внимание в макроэкономической литературе [Engle-Warnick, Turdaliev, 2010; Luhan, Scharler, 2014; Lambsdorff, Schubert, Giamattei, 2013; Kryvtsov, Petersen, 2013; Noussair, Pfajfar, Zsiros, 2015; Duffy, 2016], в том числе в работах, посвященных поведенческой макроэкономической теории [De Grauwe, Macchiarelli, 2015; Cole, Milani, 2019].

Данные масштабных опросов хотя и отражают «естественные» ожидания населения, которые фиксируются в привычных, а не лабораторных условиях и, бесспорно, претендуют на высокую степень репрезентативности, тем не менее имеют один существенный недостаток, связанный с отсутствием у экономических агентов стимулов для предоставления максимально точного ответа. Эта проблема, в свою очередь, является следствием фиксированных выплат в качестве вознаграждения за участие в опросе.

Лабораторные эксперименты, напротив, дают возможность извлечь сведения о формировании совместимых со стимулами ожиданий агентов, не лишая исследователей возможностей получения большого количества независимых наблюдений и отслеживания процессов генерации данных. Указанные обстоятельства позволяют рассматривать лабораторные эксперименты как один из наиболее информативных и надежных (в смысле отсутствия неконтролируемых элементов) источников расширения представлений о процессах формирования ожиданий экономических агентов.

Результаты лабораторных экспериментов, формирующие релевантную базу для тестирования исследовательских гипотез о формировании ожиданий и валидации моделей обучения, могут быть использованы для планирования и последующей реализации адекватной макроэкономической политики<sup>1</sup>.

Данная статья посвящена обзору ряда публикаций по поведенческой и экспериментальной макроэкономике, в которых проводится детальный анализ процессов формирования ожиданий (относительно уровня инфляции и разрыва выпуска) гетерогенных агентов в условиях различных вариантов ДКП, реализуемых регулятором. Цель статьи состоит в том, чтобы показать, как различные характеристики процессов формирования ожиданий гетерогенными экономическими агентами (наличие когнитивных ограничений, возможность обучения, сосуществование различных эвристических правил) могут быть использованы в выстраивании це-

---

<sup>1</sup> Важным промежуточным шагом, позволяющим верифицировать ожидания агентов, полученные в лабораторных условиях, является сопоставление результатов экспериментов с данными об ожиданиях, полученными иными способами, что позволяет обоснованно распространить экспериментальные результаты на всю выборку (см.: [Hommes, Korányi-Peucker, Sonnemans, 2021; Cornand, Hubert, 2020]).

ленаправленного воздействия на ожидания со стороны Центрального банка для повышения эффективности проводимой ДКП.

Следует отметить, что тематика статьи разрабатывается преимущественно зарубежными специалистами, что в значительной степени связано с необходимостью серьезной финансовой поддержки исследований, реализуемых в области экспериментальной экономики. Возможности российских ученых в этой сфере на современном этапе, к сожалению, являются достаточно ограниченными. Выбор конкретных работ для проведения обзора обусловлен присутствием в обсуждаемых исследованиях аналогичных дизайнов экспериментов<sup>2</sup> с обучением прогнозированию (learning-to-forecast experiments, LtFE), основанных на новокейнсианской модели, со сходством реализованных подходов к проведению теоретических и эконометрических исследований, с наличием достаточно большого числа рассматриваемых вариантов ДКП Центрального банка, что позволяет провести информативные сопоставления полученных авторами результатов.

Статья имеет следующую структуру. В первом разделе приводится описание дизайна экспериментов типа LtFE. В этих экспериментах, реализуемых на базе новокейнсианской модели и ее модификаций, участники играют роли профессиональных составителей прогнозов относительно одной (уровня инфляции) или двух (уровня инфляции и разрыва выпуска) макроэкономических переменных.

Во втором разделе приводится краткое обсуждение основных подходов к моделированию процессов формирования инфляционных ожиданий, нашедших применение в эмпирических исследованиях.

Третий раздел посвящен особенностям формирования ожиданий агентов в условиях различных вариантов ДКП, реализуемых Центральным банком. В подразделе 3.1 обсуждается влияние раскрытия информации о целевом уровне инфляции на инфляционные ожидания агентов и динамику основных макроэкономических переменных. В подразделе 3.2 рассматриваются инфляционные ожидания и динамика основных макроэкономических переменных в условиях точечной и интервальной версий инфляционного таргетирования при наличии внешних шоков различной интенсивности. Подраздел 3.3 посвящен обсуждению процессов формирования ожиданий агентов относительно уровня инфляции и разрыва выпуска и политике Центрального банка по снижению волатильности инфляции.

Заключение содержит основные результаты исследований, представленных в обзоре, и их сопоставление.

## **1. Эксперименты с обучением прогнозированию на базе новокейнсианской модели**

Востребованным типом экспериментов, используемых исследователями инфляционных ожиданий агентов, являются эксперименты типа LtFE на основе макроэкономической теоретической модели. В таких экспериментах участники играют роли профессиональных составителей прогнозов, сообщая организаторам

---

<sup>2</sup> Под дизайном эксперимента традиционно понимается разработка процедур, позволяющих тестировать гипотезу исследования и призванных обеспечить внешнюю и внутреннюю валидность получаемых результатов. С принципами дизайна эксперимента и их возможными приложениями в социальных науках можно ознакомиться, в частности, в работе [Jackson, Cox, 2013].

о своих прогнозах относительно некоторой экономической переменной<sup>3</sup>. Ожидания, сформированные участниками лабораторного эксперимента, агрегируются с использованием среднего значения или медианы и включаются в теоретическую модель в качестве обобщения ожиданий экономических агентов. Получаемое участниками эксперимента вознаграждение зависит от выявляемой далее ошибки прогноза, обеспечивая мотивацию агентов к обучению в ходе проведения эксперимента и предоставляя максимально точного ответа<sup>4</sup>.

В основе обсуждаемых далее экспериментов с обучением прогнозированию лежит новокейнсианская модель:

$$y_t = E_t y_{t+1} - \varphi(i_t - E_t \pi_{t+1}) + g_t, \quad (1)$$

$$\pi_t = \lambda y_t + \rho E_t \pi_{t+1} + u_t, \quad (2)$$

$$i_t = \bar{\pi} + \phi_\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \phi_y (y_t - \bar{y}), \quad (3)$$

где  $\pi_t$  и  $y_t$  — уровень инфляции и разрыв выпуска в периоде  $t$  соответственно;  $\bar{\pi}$  и  $\bar{y}$  — их равновесные (целевые) значения;  $i_t$  — номинальная процентная ставка;  $E_t \{\pi_{t+1} | I_{t-1}\} = E_t \pi_{t+1}$  — средняя ожидаемая инфляция;  $E_t \{y_{t+1} | I_{t-1}\} = E_t y_{t+1}$  — средний ожидаемый разрыв выпуска;  $\varphi, \lambda, \rho, \phi_\pi, \phi_y$  — положительные параметры;  $g_t$  и  $u_t$  — внешние шоки. Предполагается, что прогнозы на период  $t+1$  делаются в периоде  $t$ , при этом информационное множество  $I_{t-1}$  содержит значения макропеременных вплоть до периода  $t-1$ .

Уравнение (1) соответствует кривой IS, уравнение (2) — новокейнсианской кривой Филлипса, а уравнение (3) отражает правило ДКП Центрального банка (правило Тейлора (Taylor rule)). Параметры  $\phi_\pi$  и  $\phi_y$  в (3) характеризуют реакцию Центрального банка соответственно на отклонения уровней инфляции и разрыва выпуска от их целевых значений. Предполагается, что функция реагирования Центрального банка следует принципу Тейлора: в условиях режима инфляционного таргетирования Центральный банк приписывает больший вес стабилизации уровня инфляции ( $\phi_\pi > 1$ ). Отметим, что в отличие от работы [Galí, 2008] обсуждаемая здесь новокейнсианская модель (1)–(3) содержит средние, а не агрегированные ожидания агентов.

Несмотря на то что в рамках указанной спецификации модели (1)–(3) используются прогнозы экономических агентов как относительно уровня инфляции, так и относительно разрыва выпуска, при реализации лабораторных экспериментов типа LtFE исследователи часто используют редуцированную версию новокейнсианской модели, в которой принято допущение о наличии наивных ожиданий агентов относительно разрыва выпуска ( $E_t y_{t+1} = y_{t-1}$ ). Подобное предположение позволяет поставить перед участниками эксперимента более простую задачу составления прогноза только относительно уровня инфляции.

<sup>3</sup> Заметим, что участники экспериментов не обязаны обладать определенным набором профессиональных знаний, в связи с чем к составлению прогнозов часто привлекаются студенты университетов, обучающиеся на программах бакалаврского уровня различных направлений.

<sup>4</sup> Заинтересованный читатель может найти подробное обсуждение лабораторных экспериментов типа LtFE, например, в работах: [Hommes, 2011; Duffy, 2016].

В публикациях по данной тематике можно обнаружить оба подхода к проведению экспериментов: например, в исследованиях [Kryvtsov, Petersen, 2013; Arifovic, Petersen, 2017] участникам предлагалось представить прогноз относительно двух макроэкономических переменных, в то время как в работах [Pfajfar, Žakelj, 2011; 2014; 2018; Assenza et al., 2013; Cornand, M'baye, 2018a; 2018b] реализуется менее исчерпывающий анализ, ограниченный прогнозами инфляции, который тем не менее имеет свои преимущества за счет большей ясности и простоты поставленной перед экономическими агентами задачи, возможностей контроля за ходом эксперимента и четкой интерпретации получаемых результатов. Дальнейшее обсуждение в текущем разделе будет иметь отношение именно к редуцированной новокейнсианской модели<sup>5</sup>.

В условиях предположения  $E_t y_{t+1} = y_{t-1}$  о наивных ожиданиях агентов относительно разрыва выпуска участники экспериментов составляют прогнозы только относительно уровня инфляции. Подстановка (3) в (1) позволяет получить следующее выражение для разрыва выпуска:

$$y_t = \frac{\varphi}{1 + \varphi\phi_y} \left( \bar{\pi}(\phi_\pi - 1) - \phi_\pi \pi_t + \phi_y \bar{y} + E_t \pi_{t+1} \right) + \frac{1}{1 + \varphi\phi_y} y_{t-1} + \frac{1}{1 + \varphi\phi_y} g_t. \quad (4)$$

Последующая подстановка (4) в уравнение (2) дает

$$\pi_t = A + BE_t \pi_{t+1} + Cy_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (5)$$

где

$$A = \frac{\varphi\lambda}{1 + \varphi(\phi_y + \lambda\phi_\pi)} \left( \bar{\pi}(\phi_\pi - 1) + \phi_y \bar{y} \right), \quad B = \frac{\rho(1 + \varphi\phi_y) + \varphi\lambda}{1 + \varphi(\phi_y + \lambda\phi_\pi)},$$

$$C = \frac{\lambda}{1 + \varphi(\phi_y + \lambda\phi_\pi)}, \quad \varepsilon_t = \frac{\lambda g_t + (1 + \varphi\phi_y) u_t}{1 + \varphi(\phi_y + \lambda\phi_\pi)}. \quad (6)$$

Таким образом, согласно равенству (5), «реальный» уровень инфляции в виртуальной экономике зависит от константы  $A$ , выражение которой включает целевые значения инфляции  $\bar{\pi}$  и разрыва выпуска  $\bar{y}$ , средней ожидаемой инфляции  $E_t \pi_{t+1}$ , лага разрыва выпуска  $y_{t-1}$  и экзогенных внешних шоков. Используемые в экспериментах параметры  $\varphi, \lambda, \rho, \phi_\pi, \phi_y$  калибруются в соответствии с конкретной исследовательской задачей.

При проведении экспериментов участникам на качественном уровне разъясняются экономические закономерности и выдаются инструкции, включающие объяснение механизмов, положенных в основу уравнений динамической модели (например, организаторы поясняют, что ДКП определяется как вмешательство Центрального банка, управляющего процентными ставками). Виртуальная эко-

<sup>5</sup> Аналогичный подход может быть реализован и применительно к исходной модели (1)–(3).

номика описывается как экономика с тремя макроэкономическими переменными — инфляцией, разрывом выпуска и процентной ставкой, — значения которых (временные ряды) вплоть до периода  $t-1$  становятся известны участникам. Собственно предыстория генерируется специальной компьютерной программой в предположении рациональности ожиданий агентов, при этом параметры используемой модели участникам экспериментов не раскрываются. Организаторы обращают внимание участников на тот факт, что принятые ими решения оказывают влияние на реализации макроэкономических переменных в периоде  $t$ . Вознаграждение, выплачиваемое участникам, зависит от успешности предсказания уровня инфляции и вычисляется на основании предложенной организаторами (общезвестной) функции выплат.

Заявленные в некотором периоде  $t$  прогнозы  $\pi_{t+1|t}^i$  участников эксперимента ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) относительно будущего уровня инфляции усредняются; полученное в результате значение средней ожидаемой инфляции  $E_t \pi_{t+1}$  на основании выражения (5) с учетом равенств (6) позволяет определить текущую реализацию уровня инфляции  $\pi_t$ , после чего с использованием выражений (4) и (3) дает возможность получить «реальные» текущие значения разрыва выпуска и процентной ставки в виртуальной экономике, функционирование которой подчинено редуцированной новокейнсианской модели. Таким образом, при заданных параметрах модели расчеты, осуществляемые с использованием компьютерной программы на основании равенств (5), (4) и (3), позволяют найти значения основных макроэкономических переменных (уровня инфляции, разрыва выпуска и процентной ставки). Далее указанная процедура повторяется, в результате чего последовательно формируются временные ряды основных макропеременных.

Поскольку участникам эксперимента доступно лишь качественное описание экономических закономерностей и неизвестна сама теоретическая модель, наряду с рациональными ожиданиями исследователи традиционно рассматривают поведение виртуальной экономики в условиях различных нерациональных правил формирования ожиданий агентов, сопоставляя полученные результаты. При этом предполагается, что экономические агенты являются однородными, следуя одному и тому же правилу формирования инфляционных ожиданий.

Наконец, еще один, наиболее информативный, подход к анализу результатов экспериментов состоит в рассмотрении поведения гетерогенных агентов на индивидуальном уровне. При этом исследователи могут оценить, какие именно модели нерациональных ожиданий наиболее точно описывают прогнозы каждого из участников, «пересматриваются» ли эти модели в процессе обучения, и если «пересматриваются», то как часто.

В следующем разделе приводится краткое обсуждение основных моделей инфляционных ожиданий, нашедших применение в эмпирических исследованиях.

## **2. Подходы к моделированию процессов формирования инфляционных ожиданий**

Остановимся на наиболее распространенных в научной литературе моделях формирования инфляционных ожиданий. В приводимом ниже перечне формализаций моделей используются следующие обозначения:

$\pi_t$  и  $y_t$  — уровень инфляции и разрыв выпуска в периоде  $t$  соответственно;  
 $\pi_{t+1|t}^i$  — ожидания агента  $i$ , сформированные в периоде  $t$  относительно периода  $t + 1$ .

Как и ранее, предполагается, что соответствующее периоду  $t$  информационное множество  $I_{t-1}$  содержит значения макроэкономических переменных вплоть до периода  $t - 1$ .

*Модель наивных ожиданий* имеет вид

$$\pi_{t+1|t}^i = \alpha_0 + \alpha_1 \pi_{t-1}, \quad (7)$$

где  $\alpha_0, \alpha_1$  — параметры, подлежащие оцениванию. Это простейшее правило, по существу, означает, что агент формирует свои ожидания относительно следующего периода, основываясь на уровне инфляции в предыдущем периоде.

*Авторегрессионная модель ожиданий (AR(1))* имеет следующую формализацию:

$$\pi_{t+1|t}^i = \beta_0 + \beta_1 \pi_{t-1}^i, \quad (8)$$

где  $\pi_{t-1}^i$  характеризует прогноз агента  $i$  предыдущего периода,  $\beta_0, \beta_1$  — параметры, подлежащие оцениванию. Следуя этому правилу, агент формирует свои ожидания относительно следующего периода, основываясь на своих предыдущих предсказаниях.

*Модель экстраполяции тренда* записывается в виде

$$\pi_{t+1|t}^i = \gamma_0 + \pi_{t-1} + \gamma_1 (\pi_{t-1} - \pi_{t-2}), \quad (9)$$

где  $\gamma_0, \gamma_1$  — параметры, подлежащие оцениванию. Согласно этому правилу, агент формирует свои ожидания, основываясь на уровне инфляции в предыдущий момент времени и предыдущем приросте инфляции.

*Модель адаптивных ожиданий с обучением при постоянном выигрыше (constant gain learning)* имеет следующую формализацию:

$$\pi_{t+1|t}^i = \pi_{t-1|t-2}^i + \delta (\pi_{t-1} - \pi_{t-1|t-2}^i), \quad (10)$$

где  $\delta \geq 0$  — параметр, подлежащий оцениванию, который интерпретируется как постоянный «выигрыш» и характеризует реакцию агента на ошибку предыдущего прогноза.

*Модель адаптивных ожиданий с обучением при убывающем выигрыше (decreasing gain learning)* записывается в виде

$$\pi_{t+1|t}^i = \pi_{t-1|t-2}^i + \frac{\delta}{t} (\pi_{t-1} - \pi_{t-1|t-2}^i), \quad (11)$$

где  $\delta/t$  интерпретируется как убывающий «выигрыш» агента, допустившего ошибку предыдущего прогноза<sup>6</sup>. В соответствии с правилами (10), (11) агент пересматривает свои ожидания, основываясь на наблюдаемых ошибках.

<sup>6</sup> Подробное обсуждение моделей адаптивных ожиданий (10), (11) можно найти в работе: [Christopeit, Massmann, 2018].

*Модель ожиданий с взвешенным средним*

$$\pi_{t+1|t}^i = \lambda_1 \alpha_0 + \lambda_1 \alpha_1 y_{t-1} + (1 - \lambda_1) \pi_{t-1}^i \quad (12)$$

имеет формализацию, аналогичную модели с информацией негибкого типа (sticky information type), представленной в работе Carroll [Carroll, 2003]. Модель (12) оценивается при наличии ограничений на коэффициенты: например, в экспериментах, обсуждаемых в работе [Pfafjar, Žakelj, 2018], предполагается, что  $\alpha_0, \alpha_1$  соответствуют равновесию при рациональных ожиданиях.

*Общая модель ожиданий* имеет вид

$$\pi_{t+1|t}^i = \alpha_0 + \alpha_1 \pi_{t-1} + \alpha_2 y_{t-1} + \alpha_3 y_{t-2} + \alpha_4 i_{t-1}, \quad (13)$$

где  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  — параметры, подлежащие оцениванию. Эта модель, включающая константу, два лага разрыва выпуска, один лаг инфляции и один лаг процентной ставки, по сравнению с более простыми версиями правил формирования ожиданий позволяет учесть все макроэкономические факторы, которые потенциально могут оказывать влияние на прогнозные значения инфляции.

В ряде эмпирических исследований рассматриваются процедуры составления прогнозов, позволяющие агентам пересматривать (переоценивать) используемые правила на основании поступающей в каждом периоде новой информации. Подобный подход применим, например, к спецификациям моделей (14)–(17), которые приводятся ниже.

*Рекурсивная модель с лагом инфляции* имеет вид

$$\pi_{t+1|t}^i = \phi_{0,t-1} + \phi_{1,t-1} \pi_{t-1} \quad (14)$$

*Рекурсивная модель с лагом разрыва выпуска* записывается в форме

$$\pi_{t+1|t}^i = \phi_{0,t-1} + \phi_{1,t-1} y_{t-1} \quad (15)$$

*Рекурсивная модель экстраполяции тренда* имеет следующую формализацию:

$$\pi_{t+1|t}^i = \phi_{0,t-1} + \pi_{t-1} + \phi_{1,t-1} (\pi_{t-1} - \pi_{t-2}) \quad (16)$$

*Рекурсивная авторегрессионная (AR (1)) модель* записывается в виде

$$\pi_{t+1|t}^i = \phi_{0,t-1} + \phi_{1,t-1} \pi_{t-1}^i \quad (17)$$

В рамках спецификаций (14)–(17) экспериментаторы тестируют<sup>7</sup>, обновляют ли агенты «свои коэффициенты», учитывая последнюю наблюдаемую ошибку. Когда агенты формализуют свое восприятие динамики инфляции, они используют всю доступную вплоть до периода  $t - 1$  информацию. Как только информация обновляется, агенты пересматривают свои оценки в соответствии с правилом обучения на основе метода стохастического градиента (stochastic gradient learning rule)<sup>8</sup>.

Ввиду невозможности полноценного обсуждения всего многообразия представленных в данном разделе моделей в рамках одной обзорной статьи, основное внимание в дальнейшем будет сосредоточено на правилах формирования ожиданий (7)–(10), которые представляются наиболее востребованными в поведен-

<sup>7</sup> См., например: [Pfafjar, Žakelj, 2018].

<sup>8</sup> См., например: [Evans et al., 2010].

ческой макроэкономической литературе вследствие своей относительно простой формализации и естественной интерпретации<sup>9</sup>.

### 3. Формирование ожиданий агентов в условиях различных вариантов денежно-кредитной политики Центрального банка

Ожидания агентов как в реальных, так и в виртуальных экономиках существенным образом зависят от особенностей функционирования экономики, от объема доступной информации, а также от способов ее представления, порождающих возникновение разнообразных фрейминг-эффектов. В этой связи особый интерес представляет анализ процессов формирования ожиданий агентов (относительно уровня инфляции и разрыва выпуска) в условиях различных вариантов ДКП, реализуемых регулятором, а также определяемая ожиданиями динамика основных макроэкономических переменных.

#### 3.1. Последствия раскрытия информации о целевом уровне инфляции

Остановимся детально на обсуждении ряда экспериментов, описанных в работе [Cornand, M'baue, 2018a], которые базируются на модели (1)–(3) в предположениях о наличии наивных ожиданий агентов относительно разрыва выпуска и нулевом равновесном значении разрыва выпуска:  $E_t y_{t+1} = y_{t-1}$ ,  $\bar{y} = 0$ .

Для целей экспериментов типа LtFE, методология проведения которых описана в разделе 1 настоящей статьи, в качестве значений параметров  $\rho$ ,  $\varphi$ ,  $\lambda$  используются значения, рекомендованные в работах [Clarida, Galí, Gertler, 2000] и [Assenza et al., 2013]:  $\rho = 0,99$ ,  $\varphi = 1$ ,  $\lambda = 0,3$ , а в качестве выбранной цели Центрального банка используется значение  $\bar{\pi} = 5\%$ ; внешние шоки  $g_t$  и  $u_t$  представляют собой белый шум с дисперсией 0,25. После завершения каждого периода участников формируют о конкретной реализации уровня инфляции и получаемом выигрыше<sup>10</sup>, зависящем от достигнутой точности прогноза. В качестве исходного уровня инфляции, используемого для определения точности прогноза, рассматривается «актуальный» уровень инфляции, рассчитанный на основании исходной модели (1)–(3), в которой  $E_t \pi_{t+1} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \pi_{t+1|t}^i$ , где  $\pi_{t+1|t}^i$  — инфляционный прогноз участника  $i$  эксперимента,  $K$  — количество участников.

К. Корнанд и Ч. К. Мбае концентрируются на выявлении эффекта, который оказывает раскрытие информации о целевом уровне инфляции на инфляционные ожидания агентов и динамику основных макроэкономических переменных. В отличие от экспериментальных работ<sup>11</sup>, в которых исследователи традиционно предполагают, что Центральный банк заботится только о стабилизации уровня

<sup>9</sup> Информацию о результатах использования моделей (11)–(17) заинтересованный читатель может обнаружить, например, в работах: [Evans et al., 2010; Pfajfar, Žakelj, 2018].

<sup>10</sup> Спецификация функции выигрыша доводилась до сведения участников эксперимента, собственно процедура выплат сопровождалась развернутыми пояснениями, что обеспечивало мотивацию агентов к составлению наиболее точного прогноза.

<sup>11</sup> См., например: [Pfajfar, Žakelj, 2018].

инфляции, исследователи в некоторых реализациях эксперимента допускают возможность того, что Центральный банк принимает во внимание (с меньшим весом) и стабилизацию разрыва выпуска [Cornand, M'baye, 2018a].

К. Корнанд и Ч. К. Мбайе анализируют результаты следующих четырех версий эксперимента, в которых задача участников состояла в составлении инфляционного прогноза для каждого из 60 периодов сессии:

- 1) неявное строгое инфляционное таргетирование (целевой инфляционный уровень  $\bar{\pi} = 5\%$  Центрального банка не является публичным, задача Центрального банка состоит исключительно в стабилизации инфляции,  $\phi_{\pi} = 1,5$ ,  $\phi_y = 0$ );
- 2) явное строгое инфляционное таргетирование (Центральный банк анонсирует целевой инфляционный уровень  $\bar{\pi} = 5\%$ , задача Центрального банка состоит исключительно в стабилизации инфляции,  $\phi_{\pi} = 1,5$ ,  $\phi_y = 0$ );
- 3) неявное гибкое инфляционное таргетирование (целевой инфляционный уровень  $\bar{\pi} = 5\%$  Центрального банка не является публичным, задача Центрального банка состоит не только в стабилизации инфляции, но и в стабилизации разрыва выпуска,  $\phi_{\pi} = 1,5$ ,  $\phi_y = 0,5$ );
- 4) явное гибкое инфляционное таргетирование (Центральный банк анонсирует целевой инфляционный уровень  $\bar{\pi} = 5\%$ , задача Центрального банка состоит не только в стабилизации инфляции, но и в стабилизации разрыва выпуска,  $\phi_{\pi} = 1,5$ ,  $\phi_y = 0,5$ ) [Cornand, M'baye, 2018a]<sup>12</sup>.

Поскольку динамика макроэкономических переменных в значительной степени определяется эвристическими правилами, используемыми агентами при составлении прогнозов, получение теоретических зависимостей для различных поведенческих паттернов экономических агентов оказывается полезным в ходе последующих сопоставлений. С этой целью для двух версий инфляционного таргетирования (строгого и гибкого) авторы предварительно проводят компьютерные симуляции, используя как рациональные, так и альтернативные ожидания агентов. В качестве альтернатив рациональным ожиданиям рассматриваются модели<sup>13</sup> наивных

$$\pi_{t+1|t}^i = \pi_{t-1} \quad (18)$$

и адаптивных

$$\pi_{t+1|t}^i = \pi_{t-1|t-2}^i + 0,5(\pi_{t-1} - \pi_{t-1|t-2}^i) \quad (19)$$

ожиданий, а также модель экстраполяции тренда

$$\pi_{t+1|t}^i = \pi_{t-1} + 0,5(\pi_{t-1} - \pi_{t-2}). \quad (20)$$

<sup>12</sup> Значения параметров  $\phi_{\pi}$ ,  $\phi_y$  выбраны в соответствии с принципом Тейлора и большинством эмпирических фактов.

<sup>13</sup> Несмотря на то что К. Корнанд и Ч. К. Мбайе не комментируют выбор коэффициентов равными 0,5, очевидно, что он обусловлен стремлением использовать в теоретических моделях некоторую «среднюю» характеристику агентов. Например, в формуле (19) значение коэффициента адаптации, равное 0, описывает индивида, который не реагирует на ошибку предыдущего прогноза. Коэффициент адаптации, равный 1, соответствует ситуации статического ожидания. Таким образом, выбор промежуточного значения коэффициента (0,5) описывает агента с промежуточными характеристиками между двумя крайними ситуациями.

При реализации компьютерных симуляций предполагается, что все агенты являются однородными, то есть используют одинаковые эвристики при построении инфляционных прогнозов.

При рациональных ожиданиях агентов динамика разрыва выпуска практически одинакова в условиях строгого и гибкого инфляционного таргетирования, в то время как при схожести трендов уровень инфляции и процентная ставка несколько ниже в условиях гибкого инфляционного таргетирования в соответствии с более низкими равновесными значениями при этом варианте политики Центрального банка.

При альтернативных правилах формирования ожиданий агентов разрыв выпуска стабилизируется быстрее в условиях гибкого инфляционного таргетирования, а уровень инфляции и процентная ставка — в условиях строгого инфляционного таргетирования. Для каждого конкретного эвристического правила построения прогноза уровни рассматриваемых макроэкономических переменных очень близки для обоих вариантов инфляционного таргетирования, но существенно зависят от выбора начальных значений. При этом выборочные дисперсии оказываются больше при строгом инфляционном таргетировании (особенно для разрыва выпуска).

Для выявления характера влияния раскрытия информации о целевом значении уровня инфляции на динамику макроэкономических переменных авторы проводят дополнительные компьютерные симуляции для следующего эвристического правила формирования ожиданий:

$$\pi_{t+2|t}^j = 0,5\bar{\pi} + 0,5\pi_{t-1}, \quad (21)$$

непосредственно включающего целевое значение инфляции. Данное правило, называемое авторами коммуникационным и представляющее собой частный случай эвристического правила, предложенного в работе [Bomfin, Rudebusch, 2000], сопоставляется с правилом формирования наивных ожиданий агентов для каждого варианта инфляционного таргетирования. Сравнение полученных результатов позволяет сделать вывод о более быстрой стабилизации макроэкономических переменных и значительно меньшей их вариации при использовании коммуникационного правила для обоих режимов таргетирования. Это свидетельствует о том, что объявление инфляционной цели хотя и не оказывает влияния на средние значения переменных, но может существенно снизить их вариацию.

Результаты описанных выше четырех сценариев эксперимента позволяют сделать вывод о том, что в виртуальной экономике как инфляционные ожидания, так и актуальный уровень инфляции сходятся к целевому значению Центрального банка. Обе переменные не выходят за пределы инфляционного диапазона (4–6%), начиная с седьмого периода для строгого инфляционного таргетирования и с двадцатого периода для гибкого инфляционного таргетирования.

Для выявления наилучшей стратегии инфляционного таргетирования авторы проводят попарные сопоставления реализаций макроэкономических переменных (разрыва выпуска, уровня инфляции и процентной ставки) при разных режимах таргетирования с использованием непараметрических статистических тестов<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Процедура Манна — Уитни — Вилкоксона (Mann — Whitney — Wilcoxon) используется для тестирования нулевой гипотезы о равенстве средних/медиан временных рядов макроэкономиче-

Выявлено, что средние значения инфляции и процентной ставки значимо ниже в условиях строгого инфляционного таргетирования по сравнению с гибким, а значимых различий волатильностей уровня инфляции и процентной ставки между двумя режимами не наблюдается. Противоречивые результаты, полученные для средних значений разрыва выпуска в случаях явного и неявного сценариев при значимо меньшей волатильности разрыва выпуска для гибкого инфляционного таргетирования, не позволяют сделать однозначный вывод о преимуществах одного из рассматриваемых режимов инфляционного таргетирования. Указанная неопределенность согласуется с теоретическими прогнозами, полученными на основе компьютерных симуляций. Центральный банк может рассмотреть целесообразность последовательного применения двух режимов (строгого в качестве первоначальной политики и гибкого в качестве ее продолжения).

Дальнейший анализ результатов экспериментов связан с исследованием влияния раскрытия информации о целевом уровне инфляции на динамику макроэкономических переменных в условиях строгого и гибкого режимов инфляционного таргетирования.

Временные ряды среднего уровня инфляции при явном и неявном строгих режимах инфляционного таргетирования имеют схожую динамику, однако более быстрая сходимость к целевому значению наблюдается в случае явного варианта строгого режима. Тесты подтверждают отсутствие значимых (для всех традиционно рассматриваемых уровней) различий медиан, средних и дисперсий временных рядов всех макроэкономических переменных для явного и неявного строгих режимов инфляционного таргетирования<sup>15</sup>. Таким образом, если задача Центрального банка состоит исключительно в стабилизации инфляции, то анонсирование целевого значения (при соблюдении принципа Тейлора) является непринципиальным в достижении поставленной цели.

При анализе временных рядов среднего уровня инфляции при явном и неявном вариантах гибкого режима инфляционного таргетирования авторы получают результаты, аналогичные двум версиям строгого режима: наблюдаемые зависимости очень близки, однако более быстрая сходимость к целевому значению наблюдается в случае явного гибкого режима. В соответствии с компьютерными симуляциями, основанными на теоретических нерациональных ожиданиях агентов, статистические тесты показывают отсутствие значимых различий средних значений макроэкономических переменных и их наличие для вариаций (средние стандартные отклонения уровней инфляции, разрыва выпуска и процентной ставки значимо ниже для явного гибкого режима инфляционного таргетирования)<sup>16</sup>. Целесообразность анонсирования целевого значения уровня инфляции при использовании Центробанком гибкого режима инфляционного таргетирования авторы подкрепляют следующими соображениями.

---

ских переменных, а тест Сигела — Тьюки (Siegel — Tukey) — для тестирования гипотезы о равенстве дисперсий.

<sup>15</sup> Данный результат противоречит сведениям, приведенным в работе [Friedman, Kuttner, 1996], о большей волатильности разрыва выпуска в условиях явного инфляционного таргетирования.

<sup>16</sup> Эти выводы также соответствуют теоретическим результатам, приведенным в работе [Demertzis, Hughes-Hallett, 2007].

Во-первых, поскольку гибкость инфляционного режима подразумевает, что Центральный банк одновременно преследует две цели — стабилизацию уровня инфляции и разрыва выпуска, — агентам сложнее ориентироваться в подобной ситуации по сравнению с наличием единственной цели. В этих условиях анонсирование целевого значения уровня инфляции становится востребованным и позволяет частично прояснить макроэкономическую обстановку.

Во-вторых, режим гибкого инфляционного таргетирования оказывается более чувствительным к флуктуациям инфляционных прогнозов по сравнению с режимом строгого таргетирования<sup>17</sup>. Последнее означает, что в условиях гибкого режима возникают дополнительные препятствия при стабилизации экономики, которые могут быть в некоторой степени нивелированы за счет уменьшения ошибок прогнозирования при объявлении целевого значения уровня инфляции.

Наконец, огромную роль в динамике макроэкономических переменных играют правила, используемые агентами при построении инфляционных прогнозов. Модель экстраполяции тренда, как показывают результаты эксперимента, лучше объясняет эволюцию средних инфляционных ожиданий в условиях неявного варианта гибкого режима инфляционного таргетирования, чем в условиях явного. Очевидно, что в ситуации, когда агенты используют данное правило, Центральный банк вынужден вносить более частые и агрессивные корректировки в функцию реагирования для снижения чрезмерной волатильности инфляции и разрыва выпуска. Следуя А. Орфанидесу и Дж. Вильямсу [Orphanides, Williams, 2007], можно утверждать, что доступность информации о целевом значении уровня инфляции снижает неопределенность, с которой сталкиваются агенты, и помогает им приблизиться к истинной макроэкономической модели.

В современной экономической литературе, посвященной экспериментам типа LtFE, делается особый акцент на гетерогенности агентов и формируемых ими ожиданий. Поскольку, как уже отмечалось, агрегирование любого рода приводит к потере важной информации о поведении индивидов, представленный авторами анализ временных рядов, сформированных каждым участником эксперимента, заслуживает особого внимания как источник дополнительных знаний об особенностях формирования инфляционных ожиданий экономических агентов в условиях разнообразных вариантов режима инфляционного таргетирования.

В качестве основных моделей формирования ожиданий в данной работе рассматриваются модели (7)–(10)<sup>18</sup>. Среди этих четырех моделей формирования ожиданий авторы выбирают наилучшие для каждого участника эксперимента. Предполагается, что агенты ведут себя как эконометристы и выбирают как некоторое правило, так и его параметры для предсказания уровня инфляции. Поскольку экзогенные шоки не были непосредственно наблюдаемы в эксперименте, авторы исследования не включают их в рассматриваемые модели инфляционных ожиданий.

Первые десять наблюдений удалялись из результатов эксперимента, поскольку предполагается, что участники должны сделать первые пробные шаги в обучении, прежде чем окончательно определиться со своими правилами формирования ожи-

<sup>17</sup> Данное заключение может быть сделано на основании соответствующих аналитических зависимостей для текущих уровней инфляции.

<sup>18</sup> Выбор рассматриваемых моделей формирования инфляционных ожиданий осуществлен в соответствии с работами: [Pfajfar, Zakelj, 2014; 2018; Assenza et al., 2013; Cornand, M'baye, 2018a].

Таблица 1. Доли участников эксперимента, использующих модели ожиданий (7)–(10) в условиях соответствующего режима инфляционного таргетирования, %

Модель	Неявное строгое инфляционное таргетирование	Явное строгое инфляционное таргетирование	Неявное гибкое инфляционное таргетирование	Явное гибкое инфляционное таргетирование
(7)	75,00	70,83	50,00	66,67
(8)	41,67	29,17	45,83	20,83
(9)	62,50	79,17	37,50	44,83
(10)	95,83	91,67	91,67	69,67

Источники: [Cornand, M'baye, 2018a, p. 395].

даний. Применяемая в данной части исследования методология такова: для каждого участника каждой сессии (каждая из которых, в свою очередь, включает четыре сценария), оцениваются коэффициенты соответствующей модели ожиданий с использованием техники метода наименьших квадратов. Далее, в зависимости от значимости оцениваемых параметров, для каждого сценария рассчитывается процент участников, использующих то или иное правило предсказания. В табл. 1 дана сводка полученных результатов.

Как следует из табл. 1, модель ожиданий AR(1) (8) в целом проигрывает своим конкурентам и не может рассматриваться как правило, в соответствии с которым агенты формируют свои инфляционные прогнозы. Следует отметить, что значимый коэффициент  $\gamma_1$  в модели экстраполяции тренда (7) оказывается отрицательным для большой доли агентов в каждой из рассмотренных сессий, то есть в среднем участники экспериментов ожидают, что наблюдаемые положительные (отрицательные) изменения уровней инфляции повлекут в следующем периоде отрицательные (положительные) изменения инфляции.

Тот факт, что в табл. 1 доли каждого правила формирования инфляционных прогнозов не дают в сумме 100%, объясняется переключением агентов между несколькими правилами, о чем свидетельствуют также иные источники (см., например: [Assenza et al., 2013; Pfajfar, Zakelj, 2014; 2018]). Для выявления переключений авторы рекурсивно вычисляли среднеквадратичные ошибки (root mean square error) вплоть до периода  $t$  для моделей (7)–(10) и затем сравнивали их для каждого агента в каждом периоде цикла. Лучшей для каждого периода признается модель, которой соответствует наименьшее значение среднеквадратичной ошибки. Переключение происходит всякий раз, когда правило, лучше всех работавшее в предыдущем периоде, «проигрывает» в текущем. Сведения о среднем количестве периодов, после которых происходят переключения, приведены в табл. 2.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы о смене моделей построения прогнозов. Во-первых, в среднем переключения происходят чаще при неявном инфляционном таргетировании, чем при явном. Это наблюдение, по-видимому, связано с тем, что объявление целевого уровня инфляции служит своего рода инструкцией для формирования ожиданий агентов, в противоположность случаю, когда у агентов нет никакой информации о целях Центрального банка.

Во-вторых, попарные сравнения говорят о том, что в обоих неявных сценариях наблюдается одинаковая частота переключений, в то время как частота переключе-

Таблица 2. Среднее количество периодов между переключениями в условиях различных сценариев инфляционного таргетирования

Режим инфляционного таргетирования	Среднее количество периодов между переключениями
Неявное строгое	3
Явное строгое	7
Неявное гибкое	3
Явное гибкое	6

Источник: [Cornand, M'baye, 2018a, p.396].

ний в явном гибком сценарии (в среднем каждые шесть периодов) несколько выше, чем в явном строгом сценарии (в среднем каждые семь периодов). Поскольку в условиях строгих режимов инфляционного таргетирования Центральный банк преследует единственную цель, агенты быстрее осознают предпочтения Центрального банка и соответствующим образом корректируют свои ожидания по сравнению с гибкими сценариями инфляционного таргетирования, в которых двойная цель Центрального банка более сложным образом отражается на построении индивидуальных прогнозов.

Для выявления модели, наилучшим образом объясняющей формирование средних инфляционных ожиданий, для каждой сессии каждого сценария эксперимента сопоставляются значения скорректированных коэффициентов детерминации ( $R^2$ -adjusted), полученные для основных правил формирования ожиданий. Наиболее релевантной для соответствующего сценария признается модель, обеспечивающая наибольшее значение  $R^2$ -adjusted. Получено, что правило экстраполяции тренда (9) наилучшим образом объясняет формирование средних инфляционных ожиданий во всех сценариях, за исключением режима явного гибкого инфляционного таргетирования. Для последнего сценария наилучшей оказывается модель наивных ожиданий (7).

### 3.2. Точечное и интервальное инфляционное таргетирование

В работе [Cornand, M'baye, 2018b] использован дизайн эксперимента, аналогичный описанному в подразделе 3.1. Авторы используют те же значения параметров, что и в предыдущем исследовании, и рассматривают случай, когда Центральный банк заинтересован в стабилизации как уровня инфляции, так и разрыва выпуска, то есть на гибком инфляционном таргетировании ( $\rho = 0,99$ ,  $\phi = 1$ ,  $\lambda = 0,3$ ,  $\bar{\pi} = 5\%$ ,  $\phi_{\pi} = 1,5$ ,  $\phi_y = 0,5$ ). Поскольку вопрос о том, следует ли Центральному банку при проведении политики явного инфляционного таргетирования анонсировать конкретное целевое значение уровня инфляции (point target) или заявить некоторый целевой диапазон (band target), остается дискуссионным, авторы статьи попытались экспериментально воспроизвести возможное развитие макроэкономической ситуации для каждого типа реализуемой политики Центрального банка в условиях шоков различной интенсивности.

Разногласия, связанные с сопоставлением точечной и интервальной версий инфляционного таргетирования, основаны на различном восприятии преимуществ и недостатков каждого из вариантов политики Центрального банка. Основной

аргумент в пользу использования интервального инфляционного таргетирования состоит в том, что наличие заявленного диапазона является вполне естественным, отражая возможность отклонения от конкретной точечной цели в условиях неопределенности, о чем, собственно, Центральный банк и сигнализирует населению. В странах, следующих интервальной стратегии инфляционного таргетирования, руководство Центрального банка в случае нарушения границ заявленного диапазона обязано представить объяснительные письма и несет за это серьезную ответственность (штрафы, отстранение от должности). Заметим также, что нарушение целевого диапазона чревато гораздо более серьезными последствиями для репутации регулятора, нежели отклонение от заявленной точечной цели (см., например: [Bernanke et al., 2001]).

Ф. Мишкин и Н. Вестелиус [Mishkin, Westelius, 2008] в рамках модели Р. Барро и Д. Гордона [Barro, Gordon, 1983] проанализировали временную несогласованность, возникающую как следствие давления правительства, а не предпочтений Центрального банка, и пришли к выводу, что именно интервальное инфляционное таргетирование способно помочь в преодолении временной несогласованности<sup>19</sup>. В условиях неопределенности базовых экономических показателей ширина диапазона, очевидно, играет важную роль в предотвращении выхода реального уровня инфляции за его пределы, что объясняет, почему страны с высокой неопределенностью инфляционных ожиданий демонстрируют склонность к установлению широких целевых интервалов<sup>20</sup>.

В то же время иногда наличие точечной цели может оказаться более эффективным, особенно в тех случаях, когда Центральный банк не стремится дополнительно обеспечить достижение средней точки заявленного интервала. В случае установления интервальной цели агенты сосредотачивают свое внимание в основном на том, находится ли инфляция внутри или за пределами диапазона, а не на амплитуде отклонений от средней точки, что в конечном итоге может привести к большей волатильности макроэкономических переменных (некоторые комментарии по этому вопросу см. в работе: [Mishkin, 2008]). Кроме того, использование явного точечного инфляционного таргетирования может послужить якорем для инфляционных ожиданий агентов за счет снижения издержек, связанных с несовершенством их представлений о структуре экономики и необходимостью полагаться на адаптивное обучение при постоянной корректировке ожиданий [Orphanides, Williams, 2007]. В последнее время на практике большинство центральных банков используют модификацию точечного инфляционного таргетирования, включающую точечную цель и допустимые отклонения<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> В этой связи следует выделить две принципиально различные ситуации в зависимости от того, кто именно определяет инфляционный диапазон или точечную цель. В некоторых странах цели устанавливаются Центральным банком (например, в России или Японии), в то время как в других странах (например, в Великобритании) цель ДКП ставится перед Центральным банком правительством. Ввиду наибольшей распространенности первого варианта второй практически не обсуждается в макроэкономической литературе.

<sup>20</sup> Дополнительные аргументы в пользу установления целевых диапазонов можно обнаружить в работах: [Heenan, Peter, Roger, 2006; Hammond, 2012].

<sup>21</sup> Следует различать целевой диапазон и точечную цель с допустимыми отклонениями с точки зрения последствий реализуемых Центральным банком политик для формирования инфляционных ожиданий агентов и динамики макроэкономических переменных.

Для выявления роли различных типов анонсируемых Центральным банком числовых целей в обсуждаемой работе [Cornand, M'baye, 2018b] авторы реализуют ряд экспериментов типа LtFE на основе новокейнсианской модели (1)–(3). Основная цель исследования состоит в сопоставлении четырех макроэкономических сценариев, соответствующих точечному и интервальному режимам инфляционного таргетирования в условиях некоррелированных шоков  $g_t$  и  $u_t$  различной интенсивности, воздействующих на экономику.

Участники эксперимента должны сообщать о своих инфляционных ожиданиях для каждого из 60 периодов в каждой из сессий. Отметим, что правило Тейлора (уравнение (3) рассматриваемой модели) используется авторами как в компьютерных симуляциях, так и в эксперименте. Версии эксперимента, соответствующие точечным и интервальным инфляционным целям, идентичны друг другу за исключением различий в объявлениях виртуального Центрального банка: в первом анонсируется точечная цель  $\bar{\pi} = 5\%$  и допустимые отклонения  $\pm 1$  п. п., а во втором — интервал (между 4 и 6 %). Конкретизируем реализованные исследователями сценарии с учетом типа заявленной инфляционной цели и интенсивности экономических шоков:

- 1) интервальное инфляционное таргетирование при наличии незначительных внешних шоков (Центральный банк делает публичное сообщение о целевом инфляционном диапазоне 4–6 %, шоки  $g_t$  и  $u_t$  представляют собой белый шум с дисперсией 0,08);
- 2) точечное инфляционное таргетирование с допустимыми отклонениями при наличии незначительных внешних шоков (Центральный банк делает публичное сообщение о целевой точечной инфляции  $\bar{\pi} = 5\%$  и допустимом отклонении  $\pm 1$  п. п., шоки  $g_t$  и  $u_t$  представляют собой белый шум с дисперсией 0,08);
- 3) интервальное инфляционное таргетирование при наличии больших внешних шоков (Центральный банк делает публичное сообщение о целевом инфляционном диапазоне 4–6 %, шоки  $g_t$  и  $u_t$  представляют собой белый шум с дисперсией 0,5);
- 4) точечное инфляционное таргетирование с допустимыми отклонениями при наличии больших внешних шоков (Центральный банк делает публичное сообщение о целевой точечной инфляции  $\bar{\pi} = 5\%$  и допустимом отклонении  $\pm 1$  п. п., шоки  $g_t$  и  $u_t$  представляют собой белый шум с дисперсией 0,5).

Поскольку участники эксперимента не имеют представления о модели, описывающей экономику, а получают только количественные данные, характеризующие динамику макроэкономических переменных, исследователи, отказывая агентам в способности формировать рациональные ожидания, реализуют компьютерные симуляции и рассчитывают теоретический уровень инфляции, используя для построения прогноза эвристику, включающую линейную комбинацию целевого значения и наивной компоненты<sup>22</sup>:

---

<sup>22</sup> Для расчета теоретического уровня инфляционных ожиданий участников эксперимента исследователями могут быть использованы при наличии соответствующей аргументации иные представления о процессах формирования ожиданий агентов.

$$\pi_{t+1|t}^j = q\bar{\pi} + (1-q)\pi_{t-1}, \quad (22)$$

для различных значений параметра  $q$  [Bomfin, Rudebusch, 2000]<sup>23</sup>.

Сопоставление результатов компьютерных симуляций для двух предельных случаев ( $q=1, q=0$ ), соответствующих двум различным правилам таргетирования — для малых и больших шоков, — позволяет сделать вывод о том, что макроэкономические переменные (уровень инфляции, разрыв выпуска и процентная ставка) стабилизируются быстрее в ситуации, когда Центральным банком анонсируется точечная цель. Кроме того, симуляции показывают, что при заявленной точечной цели уровень инфляции и процентная ставка оказываются выше, а разрыв выпуска — ниже, чем при интервальном инфляционном таргетировании. При значительных шоках описанные выше эффекты несколько размываются.

Сопоставление результатов реализации четырех сценариев в виртуальной экономике позволяет сделать вывод о достаточно быстром «попадании» уровня инфляции в диапазон 4–6% (начиная с пятого периода во всех случаях). При этом уровень инфляции возрастает, приближаясь снизу к точечной цели для незначительных шоков, и осциллирует относительно целевого значения для больших шоков, воздействующих на экономику.

Остановимся более подробно на результатах, полученных авторами для первых двух сценариев, когда шоки могут считаться незначительными. Показано, что уровень инфляции и его волатильность значимо меньше для случая интервального таргетирования, чем при реализации точечного таргетирования с допустимой ошибкой, а эффект объявления средней точки интервала выражается в том, что целевое значение достигается быстрее. Для разрыва выпуска имеет место противоположная ситуация: разрыв выпуска и его волатильность значимо ниже в условиях, когда Центральным банком анонсируется целевое точечное значение и допустимые отклонения. Что касается процентной ставки, то ее уровень значимо ниже в условиях целевого диапазона (в отличие от теоретических предсказаний), а волатильность значимо ниже в условиях точечной цели и допустимых отклонений (в соответствии с теоретическими предсказаниями).

Таким образом, в случае, когда экономика подвержена влиянию небольших некоррелированных шоков, выбор режима инфляционного таргетирования определяется предпочтениями Центрального банка. Если регулятор в основном заинтересован в поддержании уровня инфляции и его волатильности на достаточно низком уровне, ему следует воспользоваться интервальным инфляционным таргетированием. В случае необходимости обеспечения низких волатильностей разрыва выпуска и процентной ставки наряду со стабилизацией инфляции более целесообразным для регулятора оказывается использование точечного инфляционного таргетирования с допустимыми отклонениями. В последнем случае экономическая и финансовая стабильность достигается за счет временного (в течение нескольких начальных периодов) допущения значительной волатильности инфляции.

Полученные авторами результаты для малых шоков, воздействующих на экономику, находятся в некотором противоречии с выводами, полученными ранее в других работах по данной тематике. Например, в работах [Heenan, Peter, Roger,

<sup>23</sup> Эвристическое правило (22) фактически является обобщением правила (21), о котором шла речь в подразделе 3.1.

2006; Meyer, 2002] показано, что большую гибкость Центрального банка в отношении сглаживания краткосрочных волатильностей макроэкономических переменных за счет временно более высокой волатильности инфляции обеспечивает интервальное инфляционное таргетирование.

В случае воздействия на экономику значительных некоррелированных шоков выбор подходящего режима инфляционного таргетирования оказывается практически непринципиальным в силу схожести макроэкономических ситуаций для обоих режимов. Вполне ожидаемыми являются колебания значений переменных относительно целевых значений за счет большей дисперсии шоков, воздействующих на экономику. Парное сравнение сценариев с использованием непараметрических статистических тестов<sup>24</sup> показывает, что в данном случае нет статистически значимых (для всех традиционно рассматриваемых уровней) различий рядов макроэкономических переменных. В условиях больших шоков наблюдается флуктуация инфляционных ожиданий относительно инфляционной цели, что противоречит сценариям с малыми шоками, в которых участники эксперимента формируют ожидания более адаптивно и учатся нащупывать стационарное положение. Оба режима инфляционного таргетирования работают примерно одинаково в смысле якорения ожиданий в условиях больших шоков и дают основания полагать, что обучение в процессе поиска стационарного положения отсутствует. Эти результаты в целом согласуются с полученными авторами теоретическими прогнозами.

Следуя методологии, предложенной в их предыдущей работе [Cornand, M'baye, 2018a], исследователи оценивают влияние двух режимов инфляционного таргетирования на формирование ожиданий агентов при наличии внешних шоков различной интенсивности. Для каждого участника эксперимента, как и ранее, рассматриваются основные модели формирования ожиданий (7)–(10), после чего для каждого сценария рассчитывается процент участников, использующих то или иное правило построения прогнозов (табл. 3).

Таблица 3. Доли участников эксперимента, использующих модели ожиданий (7)–(10) в условиях соответствующего режима инфляционного таргетирования, %

Модель	Интервальное инфляционное таргетирование	Точечное инфляционное таргетирование с допустимыми отклонениями	Интервальное инфляционное таргетирование	Точечное инфляционное таргетирование с допустимыми отклонениями
	Незначительные шоки		Большие шоки	
(7)	87,5	66,67	75,00	79,17
(8)	37,5	58,33	33,33	20,83
(9)	70,83	87,5	87,5	70,83
(10)	95,83	95,83	91,67	95,83

Источник: [Cornand, M'baye, 2018b, p. 307].

Релевантность конкретной модели формирования ожиданий зависит от рассматриваемого сценария. Например, как следует из табл. 3, наибольшая доля участников эксперимента (87,5%), использующих модель наивных ожиданий (7)

<sup>24</sup> Процедура Манна — Уитни — Вилкоксона и тест Сигела — Тьюки.

для предсказания инфляции, приходится на первый сценарий, в то время как наименьшая доля (66,67 %) участников, применяющих это правило, ассоциируется со вторым сценарием. Проверка соответствия поведения индивидов модели AR(1) (8) приводит к выводу, что большинство участников не используют эту модель при формировании ожиданий. Наконец, выявлено, что модели экстраполяции тренда (9) и адаптивных ожиданий (10) играют большую роль в формировании инфляционных ожиданий агентов, что соответствует результатам, полученным в работах [Assenza et al., 2013; Pfajfar, Zakelj, 2014; Cornand, M'baye, 2018a].

Как и в работе [Cornand, M'baye, 2018a], значимый коэффициент  $\gamma_1$  в модели экстраполяции тренда (9) оказывается отрицательным для большой доли агентов в каждой из рассмотренных сессий. Таким образом, в среднем во всех сценариях агенты, использующие это правило, ожидают, что за восходящими (нисходящими) изменениями инфляции в текущем периоде последуют нисходящие (восходящие) изменения в следующем периоде.

Наконец, моделью, наилучшим образом объясняющей формирование средних инфляционных ожиданий в каждом рассмотренном сценарии инфляционного таргетирования, оказывается модель экстраполяции тренда (9).

### 3.3. Формирование ожиданий и волатильность инфляции

В работе [Hommes, Massaro, Weber, 2019] рассмотрена новокейнсианская модель (1)–(3) в условиях формирования рациональных и нерациональных ожиданий агентов. Авторы исследуют макроэкономическое агрегированное поведение индивидов и последствия политики Центрального банка, уделяя особое внимание стабильности цен.

Говоря о формировании поведенческих ожиданий относительно макроэкономических переменных, авторы отмечают, что эвристические правила, применяемые агентами, не всегда являются следствием их иррациональности, а могут рассматриваться как некий «рациональный» отклик индивидов, имеющих нечеткие представления об истинной модели, лежащей в основе экономических процессов, и сталкивающихся с определенными когнитивными ограничениями. В условиях таких реалий авторы предлагают следующую поведенческую модель формирования ожиданий.

Обозначим через  $H$  множество  $H$  различных эвристик, используемых индивидами для предсказания значений некоторой переменной  $x$  ( $x \in \{\pi, y\}$ ). В общем виде правило  $h \in H$  формирования ожиданий, основанное на доступной в момент времени  $t$  информации, может быть описано следующим образом:

$$x_{h,t+1}^e = f_h(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots; x_{h,t}^e, x_{h,t-1}^e, \dots). \quad (23)$$

Хотя агенты могут использовать простые правила для предсказания будущей инфляции и разрыва выпуска, для того чтобы избежать полностью иррационального поведения, авторы вводят механизм отбора, который определяет выбор агентом конкретных эвристик на основании критерия соответствия. Это допущение позволяет агентам учиться на прошлых ошибках и выбирать эвристики, которые хорошо зарекомендовали себя в недавнем прошлом. Мера соответствия некоторой стратегии составления прогноза  $h$  определяется выражением

$$U_{h,t-1} = F(x_{h,t-1}^e - x_{t-1}) + \eta U_{h,t-2}, \quad (24)$$

где  $F$  — функция ошибки предсказания, основанного на эвристике  $h$ ,  $\eta$  — параметр, отвечающий за память агента ( $0 \leq \eta \leq 1$ ), то есть вес, присваиваемый прошлым ошибкам эвристики  $h$ .

Доля агентов, выбирающих правило  $h$  в периоде времени  $t$ , определяется следующим образом<sup>25</sup>:

$$n_{h,t} = \delta n_{h,t-1} + (1 - \delta) \frac{\exp(\beta U_{h,t-1})}{\sum_{h=1}^H \exp(\beta U_{h,t-1})}, \quad (25)$$

где параметр  $\delta$  ( $0 \leq \delta \leq 1$ ) характеризует постоянство использования эвристики  $h$  и может интерпретироваться как средняя доля индивидов, которые в периоде  $t$  придерживаются предыдущей стратегии, а параметр  $\beta \geq 0$  отвечает за интенсивность выбора агентами правила  $h$ .

Использование предложенной поведенческой модели требует конкретизации множества  $H$  применяемых агентами эвристических правил. В работе [Hommes, Massaro, Weber, 2019] рассматривается набор четырех моделей формирования ожиданий (табл. 4).

Выбор указанного набора эвристических правил и значений параметров  $\beta = 0,4$ ,  $\delta = 0,9$ ,  $\eta = 0,7$  осуществлен авторами в соответствии с работами, посвященными анализу эмпирических данных [Hommes et al., 2005; Assenza et al., 2018]. В качестве функции ошибки предсказания рассмотрена функция вида  $F(x_h^e - x) = 100 - 100 / (1 + |x_h^e - x|)$ .

Таблица 4. Эвристические правила, используемые агентами

Тип модели формирования ожиданий	Формализация модели
Адаптивное правило	$x_{1,t+1}^e = 0,65x_{t-1} + 0,35x_{1,t}^e$
Слабое правило следования тренду	$x_{2,t+1}^e = x_{t-1} + 0,4(x_{t-1} - x_{t-2})$
Сильное правило следования тренду	$x_{3,t+1}^e = x_{t-1} + 1,3(x_{t-1} - x_{t-2})$
Правило обучения, привязки и корректировки <sup>26</sup>	$x_{4,t+1}^e = 0,5(x_{t-1}^{av} + x_{t-1}) + (x_{t-1} - x_{t-2})$

Источники: [Hommes, Massaro, Weber, 2019, p. 196].

В условиях рациональных ожиданий агентов увеличение параметра  $\phi_y$ , характеризующего реакцию Центрального банка на отклонения разрыва выпуска от равновесного уровня, сопровождается повышением волатильности инфляции. В том случае, когда основной целью Центрального банка является стабильность цен, оптимальная политика состоит в установлении  $\phi_y = 0$ , что означает отсут-

<sup>25</sup> См., например: [Hommes et al., 2005].

<sup>26</sup> В формализации данного правила  $x_{t-1}^{av}$  представляет собой среднее всех наблюдений макроэкономической величины до периода  $t - 1$ .

ствие внимания Центрального банка к колебаниям разрыва выпуска (ср.: [Galí, 2008; Woodford, 2003]). В ситуации, когда ожидания формируются в соответствии с описанной выше поведенческой моделью, в отличие от результатов моделирования при рациональных ожиданиях, график зависимости волатильности инфляции от параметра  $\phi_y$  имеет U-образную форму. Волатильность разрыва выпуска с ростом  $\phi_y$  уменьшается как при рациональных, так и при поведенческих ожиданиях агентов. Что касается волатильности процентной ставки, то в условиях рациональных ожиданий она плавно уменьшается с увеличением  $\phi_y$ , а в условиях поведенческих ожиданий сначала довольно резко убывает, после чего медленно возрастает. Следовательно, в соответствии с поведенческими ожиданиями агентов, начиная с  $\phi_y = 0$ , Центральный банк может одновременно уменьшить инфляцию и волатильность разрыва выпуска, что дополнительно приведет к снижению волатильности процентной ставки.

Отметим, что полученные в работе [Hommes, Massaro, Weber, 2019] немонотонные зависимости между уровнем инфляции и волатильностью разрыва выпуска для новокейнсианской модели (1)–(3) заслуживают особого внимания. Несмотря на то что наличие указанных немонотонных связей отмечалось ранее другими авторами<sup>27</sup> при теоретических исследованиях различных макроэкономических моделей и правил формирования ожиданий агентов, экспериментальное подтверждение отсутствия проблемы выбора между инфляцией и волатильностью разрыва выпуска представлено К. Хоммсом, Д. Массаро и М. Вебером впервые.

В отличие от лабораторных экспериментов, описанных в предыдущих разделах, участникам эксперимента предлагалось сформировать ожидания относительно двух макроэкономических переменных — инфляции и разрыва выпуска, которые использовались для определения последующих реализаций переменных на основе модели (1)–(3).

Дизайн эксперимента предполагал исследование двух режимов, в первом из которых Центральный банк ограничивался инфляционным таргетированием, а во втором — устанавливал цели для уровня инфляции и разрыва выпуска одновременно. Формальное различие указанных режимов состоит в том, что в правиле Тейлора (то есть уравнении (3) исходной модели) в условиях первого режима (строгого инфляционного таргетирования) используются значения параметров  $\phi_\pi = 1,5$ ,  $\phi_y = 0$ , а в условиях второго (гибкого инфляционного таргетирования) —  $\phi_\pi = 1,5$ ,  $\phi_y = 0,5$ .

Авторы тестируют нулевую гипотезу (основания для выдвижения которой получены при рассмотрении модели рациональных ожиданий) о том, что волатильность инфляции в условиях первого режима не превосходит волатильность инфляции в условиях второго, против альтернативной гипотезы (которая может быть выдвинута на основании поведенческой модели), что волатильность инфляции больше в условиях строгого инфляционного таргетирования по сравнению с гибким инфляционным таргетированием.

В эксперименте в качестве целевого уровня инфляции принято значение  $\bar{\pi} = 3,5\%$ . Авторами получены данные для 43 различных групп: 21 — в условиях

<sup>27</sup> См., например: [De Grauwe, 2011; 2012; Kurz, Piccillo, Wu, 2013].

первого режима инфляционного таргетирования и 22 — в условиях второго. Развитие макроэкономических событий прослеживалось на протяжении 50 периодов.

Почти все рассмотренные в экспериментах виртуальные экономики приближаются к целевому уровню инфляции через 50 периодов, а в экономиках, демонстрирующих колебания инфляции вокруг целевого показателя, амплитуда этих колебаний уменьшается. Средняя волатильность инфляции выше<sup>28</sup> в условиях строгого инфляционного таргетирования (0,21) по сравнению со средней волатильностью при гибком таргетировании (0,09), как и предсказывает поведенческая модель.

Значимые различия наблюдаются и в средней волатильности разрыва выпуска для двух исследуемых режимов. В соответствии с ожиданиями разрыв выпуска оказывается намного более стабильным в условиях гибкого инфляционного таргетирования, когда он также является целью Центрального банка. Среднее значение разрыва выпуска находится между  $-0,12$  и  $0,7$  для строгого режима и между  $-0,03$  и  $0,66$  для гибкого режима (в зависимости от группы участников).

Что касается процентной ставки, то ее среднее значение находится между  $2,94$  и  $4,74\%$  для строгого режима и между  $2,7$  и  $3,92\%$  для гибкого режима, и, как следует из экспериментов, нулевая нижняя граница никогда не достигается. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что гибкое инфляционное таргетирование не только снижает волатильность инфляции и разрыва выпуска, но также приводит к значимо менее волатильной процентной ставке, что можно рассматривать как дополнительную причину для Центральных банков реагировать на разрыв выпуска на пике инфляции.

В обсуждаемой работе авторы также исследуют эвристические модели с переключениями и сравнивают их предсказательную силу с моделью рациональных ожиданий и поведенческими эвристиками, перечень которых приведен в табл. 4. Для формирования предсказаний основной эвристической модели с переключениями<sup>29</sup> необходимо определить доли агентов, использующих различные правила ожиданий. С этой целью авторы используют доли, полученные на основании теоретической модели с континуумом агентов. В качестве дополнительных моделей ожиданий с переключениями рассматриваются модели, в которых агенты переключаются между формированием наивных ожиданий и использованием правила следования тренду с единичным коэффициентом; между прогнозированием стационарного состояния и использованием правила следования тренду с единичным коэффициентом; между прогнозированием смещенных стационарных состояний (плюс и минус константа, использованы три разные константы:  $0,25$ ,  $0,5$  и  $1$ ). В качестве ошибки прогноза авторы используют среднеквадратичное отклонение прогнозов моделей от средних прогнозов в группе участников эксперимента<sup>30</sup>.

В результате сопоставления ошибок прогнозов для двух режимов таргетирования авторы приходят к выводу, что рациональные ожидания во всех случаях являются худшей, а основная модель с переключением — лучшей основой пред-

<sup>28</sup> Эти различия являются статистически значимыми при тестировании с помощью критерия ранговых сумм Вилкоксона.

<sup>29</sup> Заметим, что параметры данной модели с переключением не согласовываются с данными *ex post*.

<sup>30</sup> При проведении расчетов среднеквадратичных ошибок прогнозов среднее вычисляется по всем периодам и по всем группам участников экспериментов отдельно для каждого режима инфляционного таргетирования [Hommes, Massaro, Weber, 2019, p. 205].

сказаний, чем любая из четырех эвристик, указанных в табл. 4. В целом достаточно успешно работают слабое правило следования тренду и правило обучения, привязки и корректировки. Тем не менее каждое из этих правил во всех случаях проигрывает основной эвристической модели с переключением (ошибки прогнозов двух наиболее эффективных эвристик при их использовании в отдельности всегда по крайней мере на 25 % больше, чем ошибки прогнозов модели с переключением). Наконец, основная эвристическая модель с переключением работает лучше, чем другие указанные выше модели с переключением (которые также имеют ошибки прогнозирования как минимум на 25 % больше по сравнению с основной моделью).

Полученные результаты говорят о том, что ошибки прогнозов для всех рассмотренных моделей меньше в условиях второго (гибкого) режима, чем в условиях первого (строгого) режима инфляционного таргетирования. В свою очередь, это связано с большей волатильностью реализаций макроэкономических переменных (и их прогнозов<sup>31</sup>) в условиях строгого режима инфляционного таргетирования.

Все эвристические правила (см. табл. 4) в той или иной степени используются участниками экспериментов. Весьма интересен тот факт, что хотя экономические агенты проходят с течением времени обучение и периодически обновляют способ, с помощью которого они формируют ожидания, этот способ, как показывает исследование, распространяется на все макроэкономические переменные, относительно которых составляется прогноз<sup>32</sup>. Близкий к унифицированному подход к формированию ожиданий зависит от времени и конкретного режима инфляционного таргетирования.

Что касается использования самих эвристик, то правило адаптивных ожиданий и правило обучения, привязки и корректировки используются чаще, чем правила следования тренду. Адаптивное правило, не слишком востребованное в начале, становится наиболее активно используемым ближе к завершению эксперимента для обоих режимов таргетирования. Наряду с этим оба правила следования тренду используются участниками все реже и реже в ходе эксперимента (как для инфляции, так и для разрыва выпуска в условиях обоих сценариев; однако для строгого режима инфляционного таргетирования в конце эксперимента наблюдаются незначительная восходящая тенденция в использовании сильного правила следования тренду).

Использование правила обучения, привязки и корректировки следует иной схеме: в условиях строгого режима инфляционного таргетирования это правило становится все более и более востребованным в начале эксперимента, а затем интерес к нему убывает; при реализации гибкого инфляционного таргетирования

<sup>31</sup> Волатильность прогноза инфляции составляет 0,281 в условиях первого режима и 0,134 — в условиях второго; волатильность прогноза разрыва выпуска составляет 0,464 в условиях первого режима и 0,096 — в условиях второго (эти различия являются статистически значимыми при тестировании с помощью двустороннего критерия ранговых сумм Вилкоксона). Для вычисления волатильности  $v$  переменной  $x$  авторами использована следующая расчетная формула: 
$$v(x) = \frac{1}{T} \sum_{t=2}^T (x_t - x_{t-1})^2$$
. Обоснование выбора этой меры волатильности, в частности, для инфляции, можно найти в работе [Hommes, Massaro, Weber, 2019, pp. 198–199]. Отметим, что использование других мер волатильности приводит к аналогичным результатам.

<sup>32</sup> Подобная практика не вполне предсказуема: например, можно было предположить, что агенты больше полагаются на правило следования тренду для одной макроэкономической переменной, в то время как строят адаптивные ожидания относительно другой.

востребованность данного правила сначала медленно увеличивается; после этого происходит выравнивание активности при его использовании. Следует отметить, что правило обучения, привязки и корректировки, которое состоит из двух компонентов, имеет менее четкую интерпретацию, чем другие эвристические правила. Один компонент является дестабилизирующим, так как ориентирован на последние тенденции, в то время как другой компонент (сама привязка или якорь) стабилизируется, поскольку средние долгосрочные показатели очень близки к целевому уровню инфляции и стационарному состоянию разрыва выпуска.

Полученные экспериментальные результаты сопоставляются со средними результатами 10 000 компьютерных симуляций, реализованных на основании теоретической модели с континуумом экономических агентов. Как показывают симуляции, со временем, как и в эксперименте, адаптивное правило становится все более важным; правило обучения, привязки и корректировки также становится все более важным и в большинстве случаев оказывается наиболее поддерживаемым правилом; но к концу 50 периодов доля агентов, следующих этому правилу, снова несколько снижается. Правило следования тренду, вначале имеющее довольно значительную поддержку, в конечном итоге становится наименее популярным, что также в целом соответствует экспериментальным результатам, за исключением того, что при компьютерных симуляциях большая доля агентов предпочитает применять слабое (а не сильное) правило следования тренду.

## Заключение

Настоящая работа посвящена обзору теоретических и экспериментальных результатов лабораторных экспериментов типа LtFE на основе новокейнсианской модели, затрагивающих важнейшие аспекты деятельности Центральных банков. Несмотря на то что рассмотренные в данной статье экспериментальные исследования проводились в контролируемой среде и к рекомендациям относительно применения полученных результатов следует подходить с известной долей осторожности, нельзя не признать, что качественное совпадение многих обсуждаемых теоретических и экспериментальных результатов, а также результатов, полученных другими исследователями, может служить серьезным сигналом для регулятора о необходимости пристального внимания к выявленным особенностям формирования ожиданий гетерогенных агентов.

Выделим несколько ключевых моментов, полученных в результате реализации экспериментов, которые могут быть использованы Центральным банком для выстраивания коммуникации, способствующей повышению эффективности проводимой ДКП. Во-первых, правило экстраполяции тренда наилучшим образом объясняет формирование средних инфляционных ожиданий во всех рассмотренных сценариях (за исключением режима явного гибкого инфляционного таргетирования, для которого наилучшей оказывается модель наивных ожиданий), что указывает на значимость информирования экономических агентов не только об уровне инфляции, но и о ее тренде. С учетом того, что, как правило, волатильность инфляции на коротких промежутках времени выше, представляется полезным в первую очередь приводить информацию об изменении инфляции за последний год, а дан-

ные об инфляции за неделю и месяц оставить для использования аналитиками и исследователями.

Во-вторых, с точки зрения выявления особенностей формирования ожиданий экономических агентов результаты экспериментов с обучением прогнозированию подтверждают возможности обучения и переключений используемых эвристических правил. Дополнительно получены свидетельства о присутствии определенных когнитивных ограничений у агентов, которые хотя и обновляют периодически способ, с помощью которого формируются ожидания, тем не менее распространяют его на все макроэкономические переменные, относительно которых составляется прогноз. Запаздывание реакции экономических агентов на смену трендов макроэкономических переменных является проблемой для регулятора, в связи с чем Центральному банку следует учитывать указанную специфику формирования ожиданий и при необходимости уделять особое внимание смене тенденций динамики основных макроэкономических переменных, обеспечивая в этих условиях подробное, доступное и оперативное информирование о происходящих экономических событиях и их возможных последствиях.

В-третьих, реализованные эксперименты позволяют провести анализ влияния раскрытия информации о целях Центрального банка на ожидания агентов и динамику основных макроэкономических переменных. Выявленный экспериментальным путем эффект публичности информации, который, очевидно, не может быть обнаружен при анализе реальных данных, представляет особую ценность и позволяет сформулировать несколько конкретных рекомендаций. Если задача Центрального банка состоит только в стабилизации уровня инфляции, то публичное объявление целевого значения не дает существенных преимуществ с точки зрения стабилизации макроэкономических показателей. Однако необходимость одновременной стабилизации разрыва выпуска превращает объявление цели по инфляции в фактор снижения волатильностей основных макроэкономических показателей. При выборе конкретного режима инфляционного таргетирования Центральному банку следует принимать во внимание величину и степень коррелированности ожидаемых шоков. В случае значительных некоррелированных шоков выбор не является принципиальным, тогда как для небольших некоррелированных шоков следование интервальному режиму инфляционного таргетирования обеспечивает более привлекательную для регулятора динамику инфляции. Следует также иметь в виду, что в условиях небольших некоррелированных шоков разрыв выпуска и его волатильность значимо меньше в условиях, когда Центральным банком анонсируется целевое точечное значение и допустимые отклонения. В свою очередь, процентная ставка значимо ниже в условиях целевого диапазона, а ее волатильность значимо ниже в условиях точечной цели и допустимых отклонений. Кроме того, учет немонотонности связи между уровнем инфляции и волатильностью разрыва выпуска позволяет выделить гибкое инфляционное таргетирование как режим, обеспечивающий снижение волатильностей всех основных макроэкономических переменных.

С точки зрения дальнейшего развития теории представляется целесообразным допущение возможности наличия коррелированных шоков, а также рассмотрение моделей открытой экономики, учитывающих интегрированность отдельной страны в глобальные рынки для различных типов экономик (малые открытые страны, крупные не слишком открытые страны, крупные открытые страны). Расширение

экспериментов типа LtFE на участников из разных стран позволило бы выявить наличие страновых особенностей и обратить внимание на важные факторы, не учитываемые в новокейнсианской модели, — например, на обменный курс.

Следует отметить, что во всех рассматриваемых экспериментах игнорировалось различие в периодизации рассматриваемых переменных и, как следствие, доступности информации о них: сведения о ставке процента обновляются каждый день, сведения об инфляции становятся доступны примерно в течение недели по окончании каждого месяца, а информация о динамике ВВП предоставляется статистическими ведомствами со значительным лагом, который может доходить до одного квартала. Кроме того, авторы работ не поднимают вопрос о том, что методика измерения инфляции является достаточно унифицированной, тогда как единого метода оценки разрыва выпуска не существует — использование различных фильтров может давать разные результаты и быть чувствительным к уточнению оценок.

Организация экспериментов, в которых «глубина» доступной информации по разным переменным в разные периоды времени различна, может привести к уточнению представлений о способах формирования ожиданий относительно макроэкономических переменных. Кроме того, можно предложить экономическим агентам формировать представления о связи разрыва выпуска и разного рода опережающих показателей, на которые может ориентироваться Центральный банк при проведении своей политики. Это также может дать полезную информацию для реализации ДКП, поскольку частотность принятия решений по ставке процента выше, чем обновление информации о разрыве выпуска.

Представленный в статье обзор результатов экспериментов с обучением прогнозированию на базе новокейнсианской модели (1)–(3) и ее модификаций в условиях разнообразных вариантов политики, реализуемой Центральным банком, а также внешних шоков различной интенсивности, может служить основой для проведения аналогичных исследований в условиях российских реалий и их дальнейшей верификации с целью повышения эффективности ДКП и коммуникаций Банка России.

## Литература/References

- Arifovic J., Petersen L. (2017) Stabilizing expectations at the zero lower bound: experimental evidence. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 82, iss. C, pp. 21–43.
- Assenza T., Heemeijer P., Hommes C., Massaro D. (2013) Individual Expectations and Aggregate Macro Behavior. *Tinbergen Institute discussion paper* 13-016/II. URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2200424](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2200424). (accessed: 24.10.2020).
- Assenza T., Heemeijer P., Hommes C., Massaro D. (2018) Managing Self-organization of Expectations through Monetary Policy: a Macro Experiment. *TSE Working Paper*, Toulouse School of Economics, pp. 18–963.
- Baranowski P., Doryń W., Łyziak T., Stanisławska E. (2021) Words and deeds in managing expectations: Empirical evidence from an inflation targeting economy. *Economic Modelling*, vol. 95, pp. 49–67. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.12.003>
- Balatsky E.V., Yurevich M.A. (2018) Measuring inflation expectations: Traditional and innovative approaches. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 34, iss. 4, pp. 534–552. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2018.403> (In Russian)
- Barro R., Gordon D. (1983) A positive theory of monetary policy in a natural rate model. *Journal of Political Economy*, vol. 91, pp. 589–610.
- Bernanke B., Laubach T., Mishkin F., Posen A. (2001) *Inflation targeting: lessons from the international experience*. Princeton University Press. 392 p.

- Bomfin A., Rudebusch G. (2000) Opportunistic and deliberate disinflation under imperfect credibility. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 32, pp.707–721.
- Carroll C.D. (2003) Macroeconomic expectations of households and professional forecasters. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, pp.269–298.
- Christopheit N., Massmann M. (2018) Estimating structural parameters in regression models with adaptive learning. *Econometric Theory*, vol. 34, pp.68–111.
- Clarida R., Galí J., Gertler M. (2000) Monetary policy rules and macroeconomic stability: Evidence and some theory. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 115, pp.147–180.
- Cole S.J., Milani F. (2019) The misspecification of expectations in new Keynesian models: a DSGE-VAR approach. *Macroeconomic Dynamics*, vol. 23, iss. 3, pp.974–1007.
- Cornand C., M'baye C.K. (2018a) Does inflation targeting matter? An experimental investigation. *Macroeconomic Dynamics*, vol. 22, iss. 2, pp.362–401.
- Cornand C., M'baye C.K. (2018b) Band or point target? An experimental study. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, vol. 13, iss. 2, pp.283–309.
- Cornand C., Hubert P. (2020) On the external validity of experimental inflation forecasts: A comparison with five categories of field expectations. *Journal of Economic Dynamics & Control*, vol. 110, article 103746.
- De Grauwe P. (2011) Animal spirits and monetary policy. *Economic Theory*, vol. 47, iss. 2, pp.423–457.
- De Grauwe P. (2012) Booms and busts in economic activity: a behavioral explanation. *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 83, iss. 3, pp.484–501.
- De Grauwe P., Macchiarelli C. (2015) Animal spirits and credit cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 59, pp.95–117.
- Demertzis M., Hughes-Hallett A. (2007) Central bank transparency in theory and practice. *Journal of Macroeconomics*, vol. 29, pp.760–789.
- Duffy J. (2016) “Macroeconomics: A survey of laboratory research” in J.H.Kagel and A.E.Roth (eds), *Handbook of Experimental Economics*, vol. 2, pp.1–90.
- Engle-Warnick J., Turdaliiev N. (2010) An experimental test of Taylor-type rules with inexperienced central bankers. *Experimental Economics*, vol. 13, iss. 2, pp.146–166.
- Evans G.W., Honkapohja S., Williams N. (2010) Generalized stochastic gradient learning. *International Economic Review*, vol. 51, pp.237–262.
- Evdokimova T., Zhirnov G., Klaver I. (2019). The Impact of Inflation Anchor Strength and Monetary Policy Transparency on Inflation During the Period of Emerging Markets Volatility in Summer 2018. *Russian Journal of Money and Finance*, vol. 78 no 3, pp.71–88. <https://doi.org/10.31477/rjmf.201903.71> (In Russian)
- Friedman B., Kuttner K. (1996) A price target for U.S. monetary policy? Lessons from the experience with money growth targets. *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 1, pp.77–146.
- Galí J. (2008) *Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton University Press. 224 p.
- Goloshchapova I. O., Andreev M. L. (2017) Estimation of inflationary expectations of the Russian population by methods of machine learning. *Voprosy ekonomiki*, no. 6, pp.7–93. (In Russian)
- Hammond G. (2012) State of the art of inflation targeting. *Handbooks from Centre for Central Banking Studies*, Bank of England handbooks. No. 29. 47 p.
- Heenan G., Peter M., Roger S. (2006) Implementing inflation targeting: institutional arrangements, target design, and communications. *Technical report, IMF Working Paper/06/278*. 57 p.
- Hommes C.H., Sonnemans J., Tuinstra J., Velden H. van de (2005) Coordination of expectations in asset pricing experiments. *The Review of Financial Studies*, vol. 18, iss. 3, pp.955–980.
- Hommes C.H. (2011) The heterogeneous expectations hypothesis: some evidence from the lab. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 35, iss. 1, pp.1–24.
- Hommes C., Massaro D., Weber M. (2019) Monetary policy under behavioral expectations: Theory and experiment. *European Economic Review*, vol. 118, pp.193–212.
- Hommes C., Kopányi-Peuker A., Sonnemans J. (2021) Bubbles, crashes and information contagion in large-group asset market experiments. *Experimental Economics*, vol. 24, iss. 2, pp.414–433.
- Jackson M., Cox D. (2013) The Principles of Experimental Design and Their Application in Sociology. *Annual Review of Sociology*, vol. 39, pp.27–49.
- Kryvtsov O., Petersen L. (2013) Expectations and monetary policy: experimental evidence. *Bank of Canada Working Paper*. 44 p.
- Kurz M., Piccillo G., Wu H. (2013) Modeling diverse expectations in an aggregated new Keynesian model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 37, pp.1403–1433.

- Lambsdorff J. G., Schubert M., Giamattei M. (2013) On the role of heuristics — Experimental evidence on inflation dynamics. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 37, pp. 1213–1229.
- Luhan W. J., Scharler J. (2014) Inflation illusion and the Taylor principle: an experimental study. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 45, pp. 94–110.
- Meyer L. (2002) Inflation targets and inflation targeting. *The North American Journal of Economics and Finance*, vol. 13, pp. 147–162.
- Mishkin F. (2008) Whither federal reserve communications. *Technical report, Remarks at the Peterson Institute for International Economics*, Washington DC. URL: <https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/mishkin20080728a.htm> (accessed: 10.11.2020).
- Mishkin F., Westelius N. (2008) Inflation band targeting and optimal inflation contracts. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 40, iss. 4, pp. 557–582.
- Noussair C. N., Pfajfar D., Zsiros J. (2015) Pricing decisions in an experimental dynamic stochastic general equilibrium economy. *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 109, pp. 188–202.
- Orphanides A., Williams J. (2007) Inflation targeting under imperfect knowledge. *Chapter 4 in Monetary Policy under Inflation Targeting*, vol. 11, pp. 77–123.
- Pfajfar D., Zakelj B. (2011) Uncertainty and Disagreement in Forecasting Inflation: Evidence from the Laboratory. *Discussion Paper 2011-053*, Center for Economic Research, Tilburg University. 46 p.
- Pfajfar D., Zakelj B. (2014) Experimental evidence on inflation expectation formation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 44, pp. 147–168.
- Pfajfar D., Zakelj B. (2018) Inflation expectations and monetary policy design: evidence from the laboratory. *Macroeconomic Dynamics*, vol. 22, pp. 1035–1075.
- Ulyankin F. (2020). Forecasting Russian Macroeconomic Indicators Based on Information from News and Search Queries. *Russian Journal of Money and Finance*, vol. 79, no 4, pp. 75–97. <https://doi.org/10.31477/rjmf.202004.75> (In Russian)
- Vymyatnina Y., Polyakova E. (2021) Evolution of inflation expectations modelling approaches. *Finance and Business*, iss. 1, pp. 29–51. (In Russian)
- Woodford M. (2003) *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press. 808 p.

Статья поступила в редакцию: 31.12.2020  
Статья рекомендована в печать: 30.06.2021

#### Контактная информация:

Полякова Екатерина Владимировна — д-р техн. наук, проф.; [epolyakova@eu.spb.ru](mailto:epolyakova@eu.spb.ru)  
Вымятнина Юлия Викторовна — канд. экон. наук, проф.; [yv@eu.spb.ru](mailto:yv@eu.spb.ru)

## Formation of economic agents' inflationary expectations and central bank policy effectiveness: Experimental approach

E. V. Polyakova, Yu. V. Vymyatnina

European University at St. Petersburg,  
6/1A, ul. Gagarinskaya, St. Petersburg, 191187, Russian Federation

**For citation:** Polyakova E. V., Vymyatnina Yu. V. (2021) Formation of economic agents' inflationary expectations and central bank policy effectiveness: Experimental approach. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 37, iss. 3, pp. 442–473. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.304> (In Russian)

Expectations of heterogeneous economic agents play a pivotal role in modern macroeconomic theory. Since the standard assumption about a representative fully rational agent and his/her ability to form model-consistent expectations of the underlying process governing real economic outcomes is subject to well-grounded criticism, laboratory experiments are an important tool for gaining new knowledge about the formation of individual expectations. This paper provides an overview of the results of learning-to-forecast experiments based on the New

Keynesian model that allow to identify specificities of agents' expectations formation. These results suggest specific recommendations on ways to increase efficiency of the Central Bank monetary policy. Special attention is paid to agents' inflation expectations and specificities of applying various types of inflation targeting. The article presents an analysis of the impact of announcing the inflation target on agents' inflation expectations and the main macroeconomic variables dynamics for two different inflation targeting regimes — strict and flexible. A comparison of point and band versions of inflation targeting is provided for shocks affecting the economy with different intensities. The results of learning-to-forecast experiments presented in the review provide evidence of training and switching between different forecasting heuristics and also indicate the presence of specific cognitive restrictions of agents that extend a certain heuristic rule to all macroeconomic variables for which the forecast is performed.

*Keywords:* behavioral macroeconomics, experimental macroeconomics, learning-to-forecast experiments, New Keynesian model, heterogeneous expectations, inflation targeting.

Received: 31.12.2020

Accepted: 30.06.2021

#### Authors' information:

*Ekaterina V. Polyakova* — Dr. Sci. in Technical Sciences, Professor; epolyakova@eu.spb.ru

*Yulia V. Vumyatnina* — PhD in Economic Sciences, Professor; yv@eu.spb.ru