
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Макроэкономическая роль залогового ограничения в странах, зависимых от экспорта ресурсов

© 2023 М.Ю. Андреев, А.В. Полбин

М.Ю. Андреев,

Банк России, РАНХиГС, Москва; e-mail: m.andreyev@inbox.ru

А.В. Полбин,

Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара; РАНХиГС, Москва; e-mail: apolbin@gmail.com

Поступила в редакцию 13.05.2022

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-78-10020¹.

Аннотация. Рассматривается малая открытая экономика, сильно зависящая от экспорта ресурсов. Цель исследования — выявить в такой экономике роли залогового ограничения — требования, согласно которому стоимость долга не должна превышать определенной доли стоимости залогового обеспечения. Изучается трансмиссионная роль залогового ограничения при шоке условий торговли. Рассмотрена динамическая стохастическая модель общего равновесия. В модели долговые обязательства возникают между двумя типами домохозяйств: терпеливыми, являющимися одновременно кредиторами и собственниками производственного капитала, и нетерпеливыми — должниками. Модель отличает наличие двух ограничений — залогового и неотрицательности номинальной процентной ставки, что вместе с наличием случайности в модели предъявляет особые требования к методу решения. Если денежно-кредитная политика неинерционная (т.е. центральный банк при установке процентной ставки слабо привязан к ее историческим значениям), то при серии шоков условий торговли реакция экономики оказывается сильно несимметричной по отношению к направлению шоков (положительному и отрицательному). Срабатывают оба вида ограничения-неравенства, т.е. экономика на определенное время оказывается в ситуации, когда перестают выполняться два характерных для долгосрочного равновесия равенства — устанавливающее процентную ставку правило Тейлора и залоговое ограничение в форме равенства. Срабатывание обоих ограничений приводит к уменьшению положительного воздействия шока условий торговли на экономику. Если же центральный банк при установке процентной ставки сильно привязан к ее историческим значениям или слабо реагирует на инфляцию, срабатывает лишь залоговое ограничение, а эффект асимметрии оказывается слабым.

Ключевые слова: динамическая стохастическая модель общего равновесия, нелинейные модели, залоговое ограничение, условия торговли, асимметрия, нулевая граница ставок.

Классификация JEL: D58, E32, E52, E58.

Для цитирования: Андреев М.Ю., Полбин А.В. (2023). Макроэкономическая роль залогового ограничения в странах, зависимых от экспорта ресурсов // *Экономика и математические методы*. Т. 59. № 1. С. 93–104. DOI: 10.31857/S042473880020147-0

1. ВВЕДЕНИЕ

По мере накопления экономического знания и развития численных методов экономические исследования все интенсивнее применяют нелинейные подходы к моделированию. Нелинейные модели позволяют, например, описать асимметричность в динамике наблюдаемых макроэкономических данных. Ярким примером асимметричности является динамика во время бизнес-циклов: реальные макроэкономические показатели во время кризиса падают довольно резко за короткий интервал времени, восстанавливаются же они в течение более продолжительного периода с более низкими по абсолютной величине темпами роста.

Понимание природы асимметрии в макроэкономике является высоко значимым с практической точки зрения. Во-первых, оно важно для повышения эффективности денежно-кредитной

¹ <https://rscf.ru/project/21-78-10020/>

политики и, как следствие, эффективности функционирования всей экономики. Эффективность денежно-кредитной политики может различаться в зависимости от фазы делового цикла и его амплитуды, от ожиданий экономических агентов относительно проводимой экономической политики, от следования или не следования центральным банком данным ранее обещаниям. Например, смягчение денежно-кредитной политики на фазе спада действует ожидаемо слабее, чем ужесточение на фазе экономического подъема. Изучение связи между асимметрией и экономической политикой на уровне экономических моделей проводилось с 1990-х годов (см., например, (Cover, 1992; Karras 1996)) и продолжается до сих пор с расширением модельного аппарата (см., например, (Aastveit, Anundsen, 2022)). Во-вторых, наличие асимметрии в экономической динамике может серьезно влиять на получаемые оценки параметров функционирования экономики. Например, асимметрия может приводить к смещению прогнозных оценок и отвержению гипотезы о рациональности агентов (Elliott, Komunjer, Timmermann, 2008).

Такие макроэкономические нелинейности, как естественное ограничение неотрицательности номинальных процентных ставок (*zero lower bound*, ZLB), также приводят к смещению оценок параметров моделей. В работе (Hirose, Inoue, 2016) выявлено, что при росте вероятности попадания экономики на ZLB смещение принимает все большие масштабы, приводя к искажению функций импульсного отклика, которые характеризуют динамическое влияние структурных макроэкономических шоков на макроэкономические показатели. В (Iiboshi, Shintani, Ueda, 2022) на примере оценки нелинейной модели для Японии показано, что учет нелинейностей играет решающую роль в анализе эффектов денежно-кредитной политики, для оценки траектории нейтральной реальной ставки процента.

Залоговое ограничение наряду с ZLB является, пожалуй, одним из наиболее изучаемых источников экономической асимметрии. Оно представляет собой требование, согласно которому стоимость долга не должна превышать определенной доли стоимости залогового обеспечения. Интерес к залоговому ограничению связан в первую очередь с важностью роли финансового посредничества и механизма финансового акселератора, подчеркнутого в работах (Kiyotaki, Moore, 1997; Bernanke, Gertler, Gilchrist, 1999; Kocherlakota, 2000) и др., и позже активно используемого для объяснения движущих причин мирового экономического кризиса 2008 г.

Моделирование залогового ограничения требует наличия гетерогенных экономических агентов-домохозяйств. Один из типов агентов терпелив и исполняет роль кредиторов, а другой тип нетерпелив и занимает средства либо для покупки недвижимости (Guerrieri, Iacoviello, 2017), либо для покупки средств производства (Davis, Presno, 2017; Liu, Wang, Zha, 2013; Liu, Miao, Zha, 2016) (агент-предприниматель), либо — того и другого (Andres, Arce, Thomas, 2013).

Долгое время исследователи при работе с залоговыми ограничениями были вынуждены вместо неравенств, которые могут выполняться с запасом или без, использовать просто равенства. Это приводило к тому, что как при положительных, так и при отрицательных шоках экономика описывалась одной и той же системой уравнений. В результате амплитуда воздействия шоков не менялась в зависимости от направления шока. Исследователям оставалось сравнивать ситуации с наличием акселерирующего механизма и без него. Данный подход позволяет качественно объяснять некоторые феномены. Например, с помощью ограничения стоимости предприятия финансового посредника (Gertler et al., 2012) можно оценить риски, которые берет на себя банковская система, а позднее (Gertler et al., 2020) рассмотреть возможность существования «хороших» и «плохих» кредитных бумов. Несмотря на то что различные подходы к описанию финансового акселератора постоянно сравниваются между собой и не всегда лучшим оказывается вариант залогового ограничения (Brzoza-Brzezina, Kolasa, Makarski, 2013), простота и прозрачность данного ограничения делают его одним из наиболее популярных методов моделирования финансовых несовершенств в экономике.

В последние годы на смену моделированию ограничений как равенств стал приходить точный учет срабатывания неравенств: в одни периоды неравенства могут быть выполнены как равенства, а в другие — с запасом — как нестрогие неравенства. Модель, в которой присутствует периодически срабатывающее неравенство, является нелинейной. Не существует единого общепризнанного метода решения стохастических моделей с неравенствами. Однако в последние годы данные методы активно развиваются. Эти методы основываются на кусочно-линейном приближении решения нелинейных моделей (Guerrieri, Iacoviello, 2015; Holden, 2016), многочленах Чебышева (Aguoba, Cuba-Borda, Schorfheide, 2018), машинном обучении (Lepetyuk, Maliar L., Maliar S., 2020) и т.д. В (Lepetyuk et al., 2020) были получены косвенные доказательства эквивалентности различных

подходов к решению стохастических моделей с неравенствами на уровне функций импульсного отклика. Авторы (Guerrieri, Iacoviello, 2017) разработали алгоритм оценивания параметров стохастических моделей с ограничениями-неравенствами. Этот алгоритм позволил оценить модель с залоговым ограничением и выявить асимметричность: бум на рынке недвижимости перед 2007 г. сопровождался вялым ростом потребления, тогда как падение на рынке недвижимости повлекло за собой масштабный провал в потреблении.

Нашей задачей является исследование механизма действия залогового ограничения, поведения гетерогенных агентов и изучение асимметрии в связи с залоговым ограничением в экономике, сильно зависящей от экспорта сырьевых товаров (например, экономике России). Актуальность исследования залогового ограничения обоснована усилением роли ипотечного кредитования и рынка недвижимости в экономике РФ в последнее десятилетие. Полученные в работе результаты различаются в зависимости от вида денежно-кредитной политики: от степени реакции ключевой ставки центрального банка на изменение инфляции и от степени сглаживания траектории процентных ставок во времени (параметр автокорреляции процентных ставок в инструментальном правиле Тейлора).

В статье рассматривается вопрос взаимного влияния залогового ограничения и ZLB, приводится математическое описание модели (разд. 2), технические детали моделирования залогового ограничения (разд. 3), калибровка модели (разд. 4), результаты расчетов (разд. 5). Основные выводы приведены в разд. 6.

2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

2.1. Общее описание модели

Мы строим модель малой открытой экономики, сильно зависящей от экспорта природных ресурсов. Для этого мы расширяем модель, представленную в (Guerrieri, Iacoviello, 2017) производством экспортного товара, требующего факторов труда и капитала, а также предполагаем наличие потребности в импортном продукте при производстве товаров конечного потребления.

В модели присутствуют гетерогенные домохозяйства. *Терпеливые домохозяйства* владеют производственным капиталом, принимают решения относительно объема инвестиций и сдают его в аренду. Они могут одалживать средства другому типу домохозяйств — *нетерпеливым домохозяйствам*. Оба типа домохозяйств получают удовольствие не только от потребления, но и от владения недвижимостью. Недвижимость в данной модели не производится и не амортизируется, ее постоянный объем распределяется между двумя типами домохозяйств. Недвижимость используется нетерпеливыми домохозяйствами в качестве залога при привлечении займов.

Труд нетерпеливых и терпеливых домохозяйств дифференцируется производителями. Производители внутреннего промежуточного (неторгуемого) товара и производители экспортного (торгуемого) товара привлекают два производственных фактора: производственный капитал и труд каждого типа домохозяйств. Внутренний промежуточный продукт комбинируется с импортным для производства конечного внутреннего продукта, который расходуется на потребление домохозяйств и инвестиции обоих секторов.

В качестве механизмов несовершенств, приводящих к неэффективности равновесия и рационализирующих присутствие органа монетарной политики, в модели присутствует жесткость внутренних промежуточных цен и жесткость заработных плат.

Распространение влияния шока условий торговли происходит следующим образом. Положительный шок условий торговли укрепляет национальную валюту. Так как импорт используется в производстве конечного продукта, то укрепление национальной валюты способствует снижению инфляции и номинальной процентной ставки в рамках реализации денежно-кредитной политики на основе правила Тейлора, согласно которому параметр реакции ставки процента на денежном рынке на инфляцию является положительным. Эффект дохода вызывает рост потребления и спроса на недвижимость, что влечет за собой рост цен на недвижимость. Рост цен на недвижимость приводит к тому, что стоимость залога может оказаться выше величины заемных средств, т.е. объем заемных средств может перестать быть лимитированным залогом. Снижение процентных ставок может противоречить ограничению неотрицательности номинальных ставок. Таким образом, в экспортирующей экономике положительный шок условий торговли может вызвать как срабатывание ограничения неотрицательности ставки, так и ослабление залогового ограничения.

2.2. Домохозяйства

Домохозяйства оптимизируют функцию полезности, отражающую удовольствия от потребления и владения недвижимостью и неудовольствие от труда. Функция полезности терпеливых домохозяйств имеет вид

$$E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\gamma_C \ln(C_t - \varepsilon_C C_{t-1}) + j \gamma_H \ln(H_t - \varepsilon_H H_{t-1}) - (N_t)^{1+\eta} / (1+\eta) \right), \quad (1)$$

нетерпеливых² —

$$E \sum_{t=0}^{\infty} (\beta')^t \left(\gamma'_C \ln(C'_t - \varepsilon_C C'_{t-1}) + j \gamma'_H \ln(H'_t - \varepsilon_H H'_{t-1}) - (N'_t)^{1+\eta} / (1+\eta) \right), \quad (2)$$

где E — оператор математического ожидания; C_t, H_t, N_t — потребление, объем недвижимости и труд терпеливых домохозяйств; аналогично для нетерпеливых домохозяйств — C'_t, H'_t, N'_t . Параметры $\varepsilon_C, \varepsilon_H$ и соответствующие слагаемые отражают привычки домохозяйств в потреблении и владении недвижимостью. Параметры $\gamma_C, \gamma_H, \gamma'_C, \gamma'_H$ являются калибровочными, их размер подобран так, чтобы предельная полезность потребления и владения недвижимостью в долгосрочном равновесии не зависели от привычек.

Параметры предпочтения времени β, β' удовлетворяют неравенству $\beta > \beta'$, что отражает большую склонность нетерпеливых домохозяйств потреблять по сравнению с терпеливыми домохозяйствами. Эти неравенства также обеспечивает условие, согласно которому в долгосрочном равновесии нетерпеливые домохозяйства являются заемщиками.

Бюджетные ограничения терпеливых и нетерпеливых домохозяйств в реальном выражении имеют вид:

$$C_t + Q_t H_t + B_t + B_t^f S_t + I_t^d + I_t^{ex} = W_t N_t / X_{W,t} + Q_t H_{t-1} + (R_{t-1} B_{t-1}) / \pi_t + R^f B_{t-1}^f S_t / \pi^f + \\ + 0,5d (B_t^f S_t / Y_t)^2 Y_t + Rk_t^d K_{t-1}^d + Rk_t^{ex} K_{t-1}^{ex} + Div_t, \quad (3)$$

$$C'_t + Q_t H'_t + R_{t-1} B_{t-1} / \pi_t = W'_t N'_t / X'_{W,t} + Q_t H'_{t-1} + B_t + Div'_t. \quad (4)$$

Здесь Q_t — цена недвижимости; B_t — кредиты от терпеливых домохозяйств нетерпеливым; R_t — процентная ставка по кредитам; W_t, W'_t — цена труда терпеливых и нетерпеливых домохозяйств, оплачиваемая производителем; π_t — темп роста цен на конечный продукт в экономике; S_t — реальный обменный курс; Y_t — конечный внутренний продукт; $X_{W,t}, X'_{W,t}$ — наценки на труд, образованные в результате действий посредника, обладающего монопольной властью на рынке труда; Div_t, Div'_t — прибыль посредников на рынке труда и на рынке промежуточного внутреннего продукта, передаваемая домохозяйствам.

Помимо кредитов, предоставляемых нетерпеливым домохозяйствам, терпеливые домохозяйства имеют возможность вкладывать средства в иностранные облигации B_t^f , номинированные в иностранной валюте, под постоянную ставку R^f . Считается, что внешняя инфляция π_t постоянна и в долгосрочном равновесии совпадает с внутренней инфляцией. За изменение уровня вложений в иностранные облигации терпеливое домохозяйство несет издержки в размере $0,5d(B_t^f S_t / Y_t)^2 Y_t$.

Терпеливым домохозяйствам принадлежит производственный капитал двух типов: K_t^d — для нужд производства промежуточного внутреннего товара; K_t^{ex} — для производства торгуемого товара. Оба типа производственного капитала сдаются в аренду по ставкам Rk_t^d и Rk_t^{ex} . Инвестиции I_t^d, I_t^{ex} осуществляются для производства нового производственного капитала. Динамика производственного капитала с учетом выбытия и реальных издержек $\phi(I_t^d - I_{t-1}^d)^2 / I_{ss}^d$ и $\phi(I_t^{ex} - I_{t-1}^{ex})^2 / I_{ss}^{ex}$ на изменение уровня капитала имеет вид:

$$K_t^d = (1 - \delta) K_{t-1}^d + I_t^d - \phi(I_t^d - I_{t-1}^d)^2 / I_{ss}^d, \quad (5)$$

$$K_t^{ex} = (1 - \delta) K_{t-1}^{ex} + I_t^{ex} - \phi(I_t^{ex} - I_{t-1}^{ex})^2 / I_{ss}^{ex}. \quad (6)$$

Задача терпеливых домохозяйств заключается в максимизации функции полезности (1) при бюджетном ограничении (3) и технологических ограничениях (5), (6).

Задача нетерпеливых домохозяйств — в максимизации функции полезности (2) при бюджетном ограничении (4) и залоговом ограничении

$$B_t \leq \gamma B_{t-1} / \pi_t + (1 - \gamma) m Q_t H'_t. \quad (7)$$

² Переменные нетерпеливых домохозяйств обозначены теми же символами со штрихом.

Согласно залоговому ограничению текущий долг не должен превышать взвешенной суммы долга и стоимости залога. Введение параметра γ объясняется тем, что в случае выдачи кредитов на длительные периоды времени, что наблюдается в действительности, лишь доля домохозяйств будет оформлять покупку новой недвижимости в выделенный период времени, и только для этой части домохозяйств на практике устанавливается залоговое ограничение в виде непревышения объема кредита стоимости залога. Усреднение по индивидам, оформляющим и не оформляющим покупку в данный период времени, дает выражение (7).

2.3. Производители внутреннего промежуточного товара и производители экспортного товара

Производители внутреннего промежуточного продукта Y_t^d и производители экспортного продукта Exp_t используют 3 фактора производства: труд терпеливых домохозяйств $N_{d,t}$, $N_{ex,t}$, труд нетерпеливых домохозяйств $N'_{d,t}$, $N'_{ex,t}$ и производственный капитал K_t^d , K_t^{ex} .

Производственные функции секторов имеют вид:

$$Y_t^d = (N_{d,t})^{(1-\sigma)(1-\alpha)} (N'_{d,t})^{\sigma(1-\alpha)} (K_t^d)^\alpha, \quad Exp_t = (N_{ex,t})^{(1-\sigma)(1-\alpha)} (N'_{ex,t})^{\sigma(1-\alpha)} (K_t^{ex})^\alpha.$$

Производитель внутреннего промежуточного товара продает продукт Y_t^d по номинальной цене $P_t^{d,flex}$ посреднику-монополисту, который затем перепродает товар производителю конечной продукции по цене P_t^d . Целью производителя является максимизация прибыли, которая в равновесии оказывается нулевой:

$$\tilde{P}_t^d Y_t^d / X_t^{pd} - W_t N_{d,t} - W'_t N'_{d,t} - R k_t^d K_t^d = 0.$$

В данном выражении обозначены следующие относительные цены: $\tilde{P}_t^d = P_t^d / P_t$, $X_t^{pd} = P_t^d / P_t^{d,flex}$, где P_t — номинальная цена на конечный продукт в экономике. Относительная цена X_t^{pd} отражает наценку, которую взимает посредник.

Производители экспортного товара продают продукт в объеме Exp_t на внешнем рынке по внешней номинальной цене. Отношение внешней номинальной цены на экспортируемый продукт к внешней цене импорта является условиями торговли и обозначается P_t^{res} . Цель производителей экспортного продукта — максимизация прибыли, оказывающаяся нулевой в равновесии: $S_t P_t^{res} Exp_t - W_t N_{ex,t} - W'_t N'_{ex,t} - R k_t^{ex} K_t^{ex} = 0$.

Считается, что динамика условий торговли P_t^{res} следует AR(1)-процессу в логарифмах:

$$\ln(P_t^{res}) = \rho_{res} \ln(P_{t-1}^{res}) + \varepsilon_t^{TOT}, \quad (8)$$

где ε_t^{TOT} (шоки условий торговли) — одинаково распределенные во времени независимые случайные величины с нулевым средним. Шок условий торговли является основным при последующем исследовании экспортирующей экономики.

2.4. Посредники

Предполагается, что существует 3 вида посредников: на рынке промежуточного внутреннего продукта, на рынке труда терпеливых домохозяйств и на рынке труда нетерпеливых домохозяйств.

Посредник на рынке промежуточного внутреннего продукта покупает товар Y_t^d у производителя по цене $P_t^{d,flex}$, дифференцирует этот товар и устанавливает на него цену согласно известной функции спроса, а затем продает товар производителю конечного товара. Производитель агрегирует³ дифференцированный товар перед использованием в конечном производстве (цена агрегированного товара — P_t^d). Считается, что установка посредником цены на товар происходит в соответствии с моделью Кальво: в каждый период времени доля θ_π посредников не может изменить цены, а доля $1 - \theta_\pi$ меняет цену оптимально, максимизируя приведенную прибыль. В результате максимизации получается соотношение между темпом роста относительной внутренней цены $\tilde{P}_t^d = P_t^d / P_t$ и наценкой $X_t^{pd} = P_t^d / P_t^{d,flex}$:

$$\ln\left(\frac{\tilde{P}_t^d}{\tilde{P}_{t-1}^d} \frac{\pi_t}{\pi^{ss}}\right) = \beta E \ln\left(\frac{\tilde{P}_{t+1}^d}{\tilde{P}_t^d} \frac{\pi_{t+1}}{\pi^{ss}}\right) - \frac{(1-\theta_\pi)(1-\beta\theta_\pi)}{\theta_\pi} \ln\left(\frac{X_t^{pd}}{X_{ss}^{pd}}\right). \quad (9)$$

Рекурсивная подстановка данного выражения показывает, что текущий темп роста относительной внутренней цены $\tilde{P}_t^d / \tilde{P}_{t-1}^d$ является приведенной суммой будущих наценок X_t^{pd} между ценой производителя внутреннего промежуточного товара $P_t^{d,flex}$ и ценой этого же товара, выплачиваемой

³ Математическую постановку задачи агрегирования см., например, в (Андреев, Полбин, 2019).

покупателем — производителем конечного товара. Таким образом, реализуется жесткость внутренних относительных цен.

Аналогичным образом посредники на рынке труда выкупают труд у домохозяйств, дифференцируют труд и продают его производителям, имея возможность с вероятностью θ_w установить оптимальную заработную плату:

$$\ln \left(\frac{W_t}{W_{t-1}} \frac{\pi_t}{\pi^{ss}} \right) = \beta E \ln \left(\frac{W_{t+1}}{W_t} \frac{\pi_{t+1}}{\pi^{ss}} \right) - \frac{(1-\theta_w)(1-\beta\theta_w)}{\theta_w} \ln \left(\frac{X_{W,t}}{X_{W,ss}} \right),$$

$$\ln \left(\frac{W'_t}{W'_{t-1}} \frac{\pi_t}{\pi^{ss}} \right) = \beta E \ln \left(\frac{W'_{t+1}}{W'_t} \frac{\pi_{t+1}}{\pi^{ss}} \right) - \frac{(1-\theta_w)(1-\beta\theta_w)}{\theta_w} \ln \left(\frac{X'_{W,t}}{X'_{W,ss}} \right).$$

2.5. Производители конечного внутреннего товара

По аналогии с работами (Карев, 2011; Полбин, 2014) мы будем считать, что производители конечного внутреннего товара комбинируют внутренний промежуточный продукт Y_t^d с импортом Imp_t , чтобы получить конечный выпуск Y_t в соответствии с технологией

$$Y_t = (Imp_t)^\omega (Y_t^d)^{1-\omega} / (\omega^\omega (1-\omega)^{1-\omega}). \quad (10)$$

Импортный продукт приобретается на внешнем рынке по цене (номинированной в иностранной валюте), которая считается постоянной и оплачивается по номинальному курсу $S_t P_t$. Внутренний промежуточный продукт приобретается по цене P_t^d . Цель деятельности производителя конечного товара — максимизация прибыли, оказывающейся нулевой в равновесии:

$$P_t Y_t - S_t P_t Imp_t - P_t^d Y_t^d = 0. \quad (11)$$

Следствием максимизации прибыли (11) при ограничении (10) является, в частности, соотношение между ценами $P_t = (S_t P_t)^\omega (P_t^d)^{1-\omega}$ — цена (и инфляция) на конечную продукцию зависит от внутренних цен и обменного курса. Принятие данной структуры производства позволяет учитывать влияние шока условий торговли на инфляцию и всю экономику через механизм ценообразования.

2.6. Денежно-кредитная политика

Денежно-кредитная политика заключается в таргетировании инфляции с помощью инструментального правила Тейлора

$$R_t - R^{ss} = \rho_r (R_{t-1} - R^{ss}) + (1-\rho_r) \rho_{inf} (\pi_t - \pi^{ss}), \quad (12)$$

где R^{ss}, π^{ss} — долгосрочные значения номинальной процентной ставки и инфляции. Параметр ρ_r отражает степень инерционности денежно-кредитной политики; ρ_{inf} — степень (сила) реакции ставки на изменение инфляции.

2.7. Условия равновесия

Условия равновесия на рынках конечного товара, труда терпеливых и нетерпеливых домохозяйств, а также условие равновесия на валютном рынке имеют вид:

$$Y_t = C_t + C'_t + I_t^d + I_t^{ex}, \quad N_t = N_{d,t} + N_{ex,t}, \quad N'_t = N'_{d,t} + N'_{ex,t},$$

$$P_t^{res} Exp_t - Imp_t - B_t^f + R^f B_{t-1}^f - 0,5d (B_t^f S_t / Y_t)^2 Y_t / S_t = 0.$$

Условие равновесия на валютном рынке содержит издержки на изменение уровня вложений в иностранные облигации, поскольку предполагается, что данные издержки оплачиваются на внешнем рынке.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЛОГОВОГО ОГРАНИЧЕНИЯ И НЕОТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕНТНЫХ СТАВОК

В модели присутствует 2 ограничения в форме неравенств — залоговое ограничение (7) и ограничение неотрицательности номинальной процентной ставки

$$R_t \geq 0. \quad (13)$$

Особенность учета ограничения (7) как неравенства состоит в том, что в долгосрочном равновесии оно должно выполняться как равенство. Это создает дополнительную внутреннюю стоимость займов для нетерпеливого домохозяйства, которая уравнивает воспринимаемую им

процентную ставку как низкую (по отношению к восприятию терпеливого домохозяйства — в результате различия коэффициентов предпочтения времени). Только в такой ситуации экономическое равновесие оказывается возможным.

Выполнение (7) как равенства в долгосрочном равновесии приводит к тому, что ослабление ограничения возможно лишь в хорошие времена — когда цена залога растет. Таким образом, при исследовании (7) как неравенства, которое может быть ослаблено, фокус внимания оказывается на положительных шоках, повышающих стоимость залога.

При расчете модели учитывается возможность выполнения ограничения (7) как равенства и как строгого неравенства. А именно, если переписать ограничение (7) в форме

$$\gamma B_{t-1} / \pi_t + (1-\gamma)m Q_t H'_t - B_t \geq 0$$

и обозначить множитель Лагранжа при ограничении через φ_t , то в силу условия дополняющей жесткости необходимо, чтобы

$$\varphi_t \geq 0 \quad \& \quad \varphi_t (\gamma B_{t-1} / \pi_t + (1-\gamma)m Q_t H'_t - B_t) = 0.$$

Поэтому при каждом событии может быть выполнено только одно из условий: либо залоговое ограничение (7) выполняется как равенство, либо обнуляется множитель Лагранжа ($\varphi_t = 0$). В расчетах учитывается переход между двумя этими режимами.

Что касается ограничения неотрицательности процентной ставки (13), то при каждом событии либо неравенство (13) выполнено строго и действует правило Тейлора (12), либо верно $R_t = 0$. В последнем случае утверждают, что центральный банк не таргетирует инфляции, а инфляция определяется свободными рыночными силами.

В силу того что в экспортирующей экономике положительный шок условий торговли приводит к укреплению национальной валюты и, как следствие, снижению инфляции, центральный банк снижает ставку при положительных шоках условий торговли. Поэтому достижение нулевой границы ставок также происходит при положительных шоках (условий торговли).

Это означает, что именно при положительных шоках условий торговли могут сработать два неосновных режима: исполнение залогового ограничения с запасом и достижение ставкой нулевой границы.

4. КАЛИБРОВКА МОДЕЛИ

Калибровка модели повторяет работу (Guerrieri, Iacoviello, 2017) с учетом корректировки, связанной с включением блока производства экспортного продукта и изменения правила Тейлора, характерного для стран, экспортирующих ресурсы.

Аналогично (Guerrieri, Iacoviello, 2017) мы взяли коэффициент предпочтения времени терпеливых домохозяйств равным $\beta = 0,995$, что подразумевает годовой размер реальной процентной ставки 2%. Долгосрочное значение инфляции установлено на уровне 2% годовых. Инфляция 2% и реальная процентная ставка 2% в год означают наличие долгосрочного значения номинальной процентной ставки в 4%. Квартальная норма выбытия производственного капитала δ установлена на уровне 0,025, что означает амортизацию капитала 10% в год. Эластичность производства по капиталу α имеет стандартное значение 0,3, а параметр эластичности неудовольствия от труда η равен 1. Долгосрочный уровень наценок посредников на рынке труда $X_{W,ss}$, $X'_{W,ss}$ и промежуточного внутреннего продукта X_{ss}^{pd} составляет 1,2. Параметр m максимально возможного отношения кредита к залому установлен на уровне 0,9, а параметр инерционности кредитов — на уровне 0,7.

Параметры экспортирующего сектора откалиброваны так, что экспорт и импорт составляют 0,3 от конечного выпуска. Также значение 0,3 составляют следующие соотношения: доля инвестиций в экспортирующий сектор по отношению к общим инвестициям, доля производственного капитала в экспортирующем секторе в общем производственном капитале, доля труда обоих типов домохозяйств, задействованная в экспортирующем секторе, по отношению к труду каждого типа домохозяйств. Долгосрочное значение вложений в иностранные облигации предполагается нулевым.

Параметр автокорреляции условий торговли ρ_{res} был взят равным 0,8.

Параметры правила Тейлора, оцененные для стран, зависимых от экспорта ресурсов (Andreyev, Polbin, 2022; Lepetyuk et al., 2020), показывают, что денежно-кредитная политика таких стран инерционна, а реакция на изменение инфляции невысока. В силу этого в базовом варианте модели мы установили параметр инерционности ρ_r на уровне 0,9, а реакцию на изменение инфляции ρ_{inf} — на уровне 1,5.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Далее мы анализируем действие шока условий торговли на уровне функций импульсного отклика. Рассматриваемый сценарий — затяжное изменение (бум или спад) на внешнем рынке природных ресурсов. Сценарий заключается в ежеквартальном 10%-ном шоке условий торговли P_t^{res} в течение семи кварталов, что с учетом затухания воздействия шока (уравнение (8)) приводит к концу седьмого квартала к суммарному 40%-ному изменению условий торговли.

Для наглядности на рис. 1 изображены функции импульсного отклика для случаев: а) положительного шока условий торговли; б) отрицательного шока условий торговли; в) положительного шока в случае когда не накладывается условие отрицательности процентной ставки (13), а залоговое ограничение (7) всегда выполнено как равенство. Функции отклика для случаев б) и в) одинаковы по модулю, но имеют различные знаки, в силу того что залоговое ограничение (13) перестает выполняться как равенство, а номинальная ставка достигает нуля только при положительных шоках условий торговли.

Если параметр степени инерционности денежно-кредитной политики в правиле Тейлора (12) высок ($\rho_r = 0,9$), то различие между откликами переменных для серии положительных и отрицательных шоков условий торговли имеет умеренный характер (рис. 1). Наиболее отличающиеся

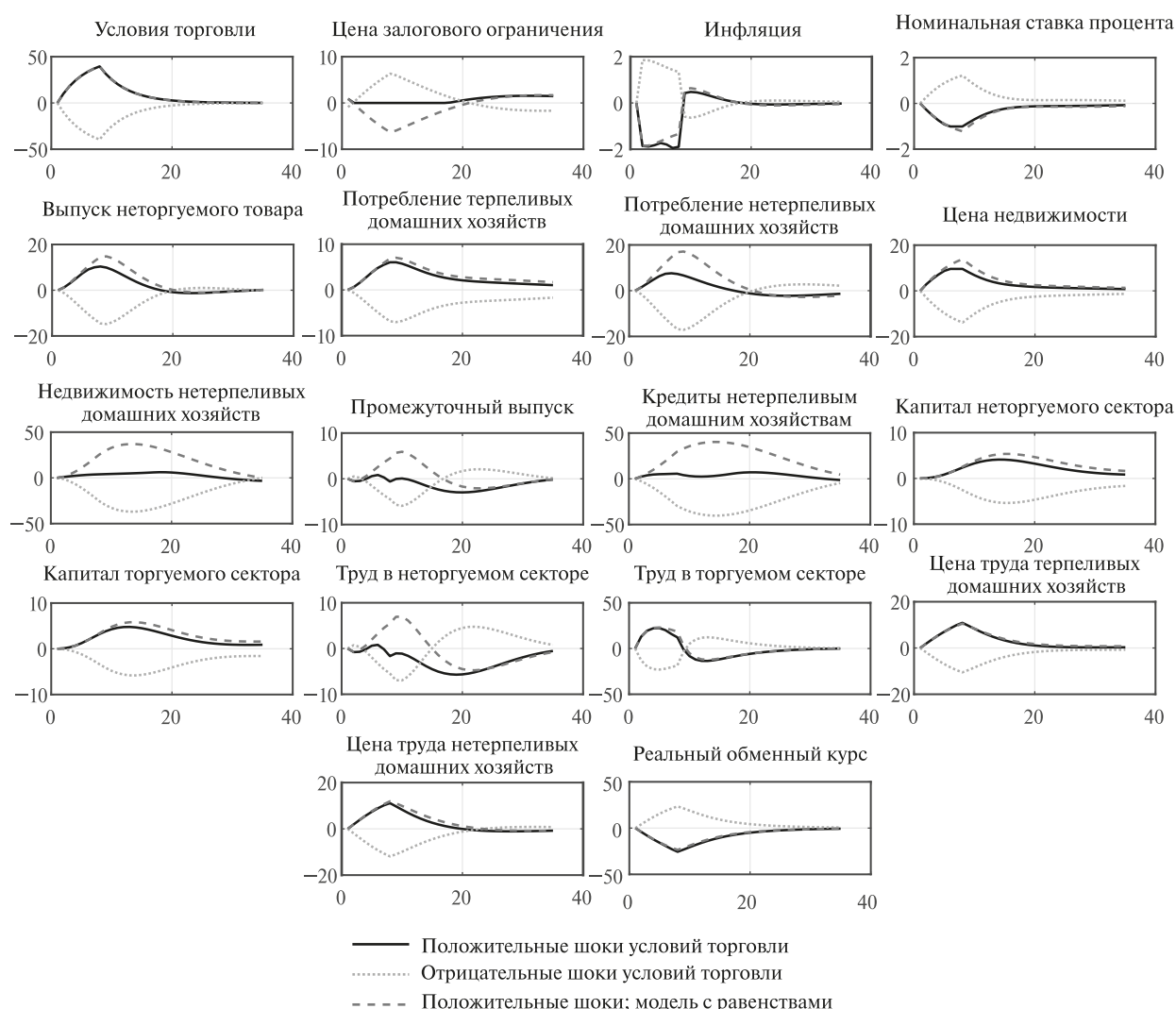


Рис. 1. Функции импульсного отклика для случая высокой инерционности ДКП

Примечание. По горизонтали отложено время, квартал; по вертикали — процентное отклонение от долгосрочного равновесия.

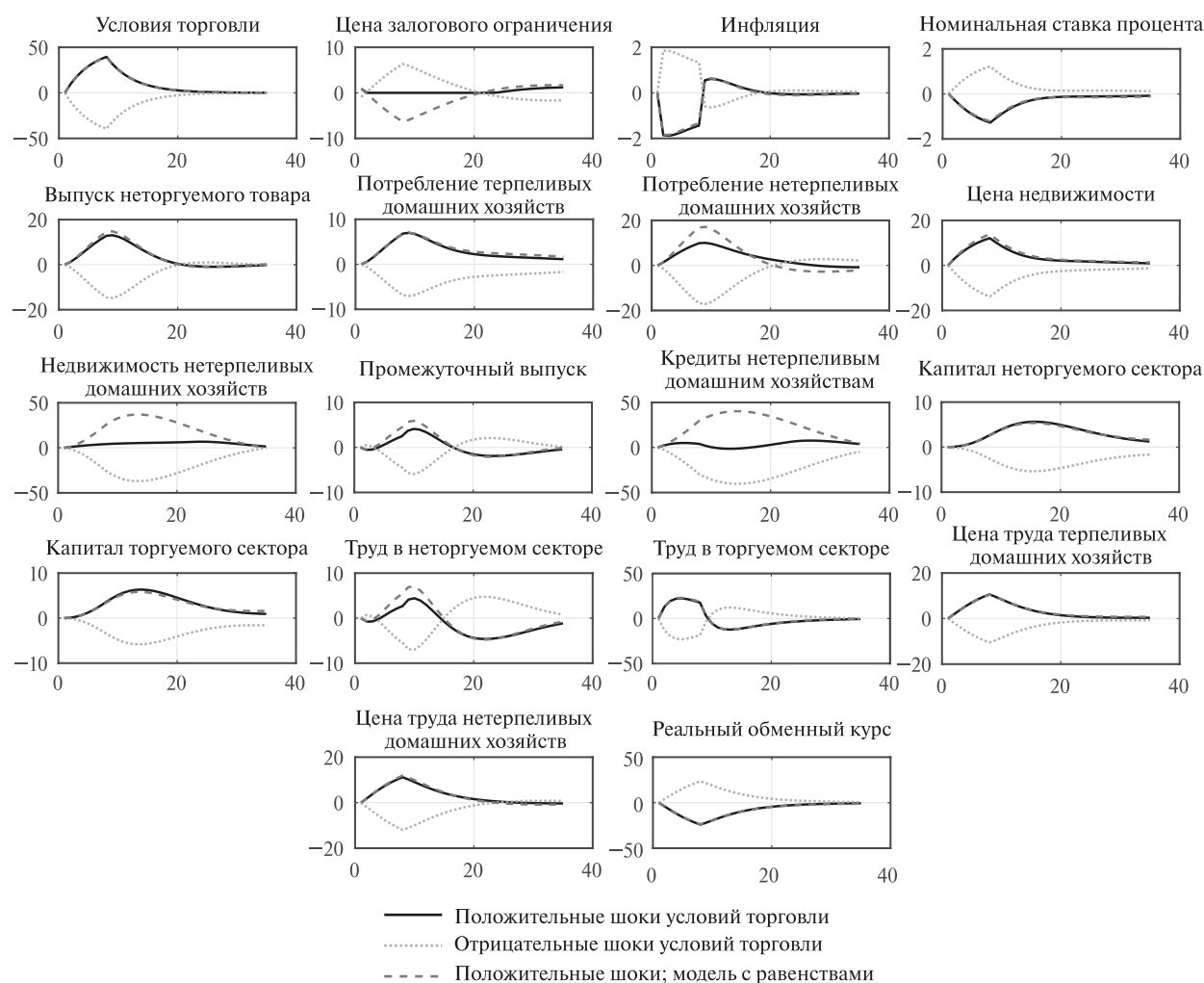


Рис. 2. Функции импульсного отклика для случая высокой инерционности ДКП и отсутствия ограничения неотрицательности процентной ставки

Примечание. По горизонтали отложено время, квартал; по вертикали — процентное отклонение от долгосрочного равновесия.

отклики наблюдаются для переменных потребления нетерпеливых домохозяйств, кредитов, недвижимости, внутреннего промежуточного выпуска, производственного капитала в обоих секторах, труда в неторгуемом секторе. При серии положительных шоков отклики данных переменных значительно меньше по масштабу, чем при серии отрицательных шоков. Таким образом, наличие залогового ограничения сдерживает положительное влияние шока условий торговли.

Различие в откликах для потребления нетерпеливых домохозяйств, кредитов и недвижимости обусловлено наличием именно залогового ограничения. Это следует из того, что в случае отсутствия ограничения неотрицательности процентной ставки (13), когда ставка может опускаться ниже нуля, отклики остальных переменных будут близки по модулю (рис. 2). Таким образом, если денежно-кредитная политика инерционна, то залоговое ограничение отвечает за асимметричность реакции малого числа переменных — относящихся лишь к залоговому ограничению, а общий масштаб асимметрии мал. Если при этом учитывается ограничение неотрицательности ставки, масштаб асимметрии имеет умеренный характер (см. рис. 1).

Если политика регулятора оказывается низко инерционной ($\rho_r = 0,75$), то существенная асимметрия наблюдается во всех переменных (рис. 3). При низкой инерции денежно-кредитной политики, как и при высокой инерции, асимметрия обусловлена в первую очередь срабатыванием ограничения неотрицательности процентной ставки, и в меньшей степени — выполнением залогового ограничения как строгого неравенства. При низкой инерции денежно-кредитной политики реакция инфляции дает больший масштаб отклика. Поэтому и ставка регулятора также имеет больший отклик и находится дольше на нулевой границе ставок, что объясняет дополнительную степень асимметрии.

Увеличение отклика инфляции при низкой инерционности денежно-кредитной политики не относится к вопросу асимметрии и имеет следующее объяснение. Так как агенты принимают решения с оглядкой на будущую инфляцию, что отражается в уравнении для аналога кривой Филлипса (9), то текущая инфляция тем ниже, чем ниже ожидаемая будущая инфляция. В случае более низкой инерционности ДКП, соответствующей при прочих равных менее длительному возврату ставки в положение долгосрочного равновесия, регулятор обещает менее продолжительную борьбу с причинами, вызвавшими изменение инфляции, что повышает реакцию инфляции.

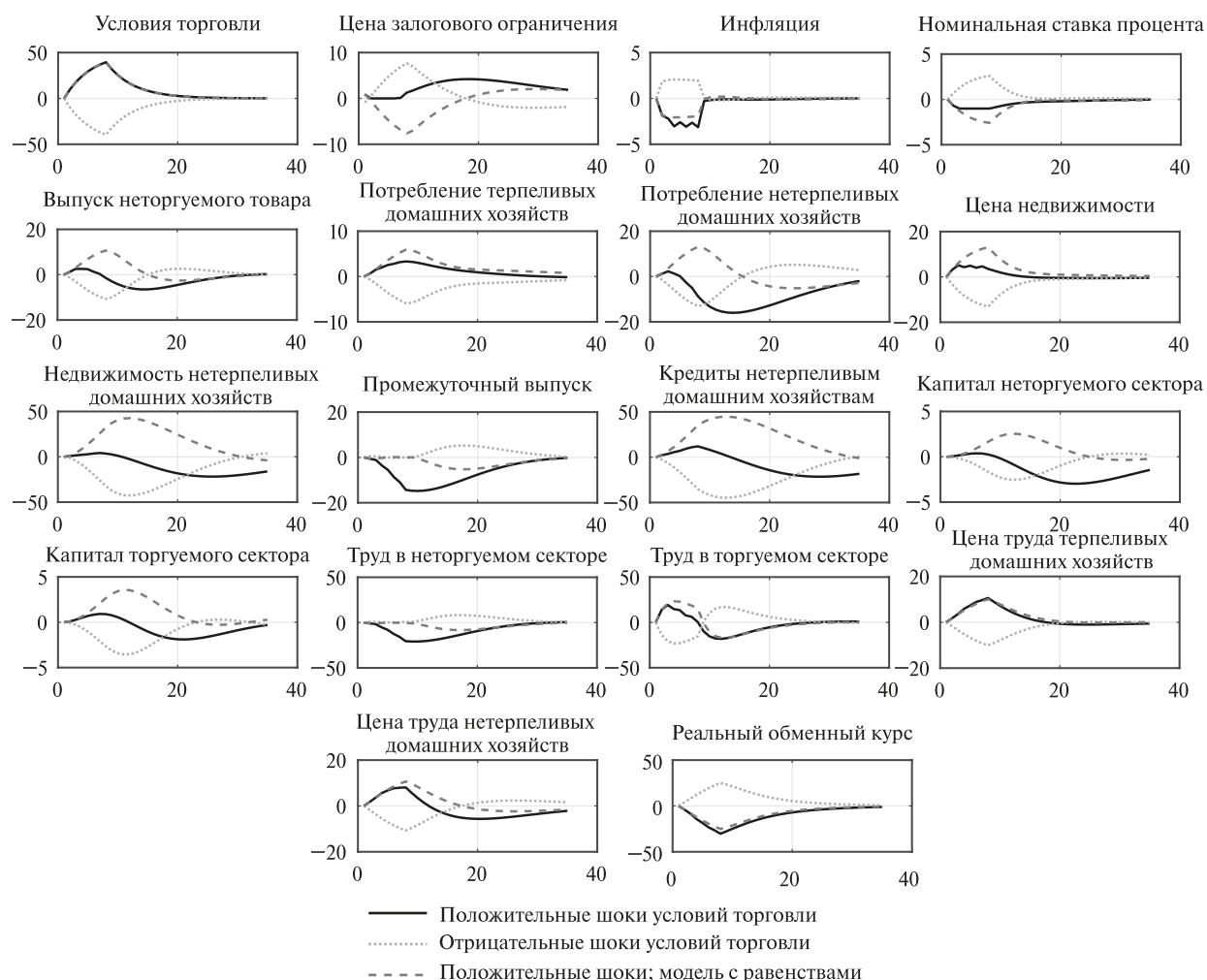


Рис. 3. Функции импульсного отклика для случая низкой инерционности ДКП

Примечание. По горизонтали отложено время, квартал; по вертикали — процентное отклонение от долгосрочного равновесия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели модель малой открытой экономики, сильно зависимой от экспорта природных ресурсов. Экономику отличает наличие гетерогенных домохозяйств, один тип которого — нетерпеливые — стеснен залоговым ограничением.

Макроэкономическая роль залогового ограничения в экономиках, сильно зависящих от экспорта ресурсов, заключается в ослаблении воздействия положительного влияния шока условий торговли на макроэкономические переменные. В отношении наблюдаемых рядов экономических данных это означает, что при положительных шоках экономика медленно разгоняется, а при отрицательных — резко падает.

При высокой инерционности денежно-кредитной политики, которая означает сильную привязку центрального банка при установке процентной ставки к историческим значениям ставки и при возможности процентной ставки быть отрицательной, в экономике наблюдается незначительная степень асимметрии по отношению к серии положительных и серии отрицательных шоков условий торговли. Значительная асимметрия затрагивает лишь переменные, близко касающиеся залогового ограничения, — объем недвижимости в распоряжении агентов, цены на недвижимость и потребление заемщиков.

Макроэкономическая роль залогового ограничения в создании асимметричности значительно усиливается в присутствии другого ограничения — неотрицательности номинальной процентной ставки. Если в экономике присутствует ограничение на ставку, реакция многих переменных будет умеренно асимметричной. Если к тому же денежно-кредитная политика слабо инерционна, то за счет продолжительного нахождения экономики на нулевой границе ставок в результате серии положительных шоков условий торговли реакция большинства переменных оказывается сильно асимметричной. В последнем случае игнорировать такие проблемы, как асимметричность влияния денежно-кредитной политики и смещение оценок, невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Андреев М.Ю., Полбин А.В. (2019). Исследование эффекта финансового акселератора в DSGE модели с описанием производства экспортного продукта // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 4 (44). С. 12–49. [Andreyev M.Yu., Polbin A.V. (2019). Studying the financial accelerator effect in a two-sector DSGE-model for an export-oriented economy. *The Journal of the New Economic Association*, 44, 12–49 (in Russian).]
- Карев М.Г. (2011). Задача выявления предпочтений Банка России. Имитационный подход // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 9. С. 72–97. [Karev M.G. (2011). Identification of the Bank of Russia's preferences. A simulation approach. *The Journal of the New Economic Association*, 9, 72–97 (in Russian).]
- Полбин А.В. (2014). Эконометрическая оценка структурной макроэкономической модели российской экономики // *Прикладная эконометрика*. № 1 (33). С. 3–29. [Polbin A.V. (2014). Econometric estimation of a structural macroeconomic model for the Russian economy. *Applied Econometrics*, 33, 1, 3–29 (in Russian).]
- Aastveit K.A., Anundsen A.K. (2022). Asymmetric effects of monetary policy in regional housing markets. *American Economic Journal: Macroeconomics*. Forthcoming.
- Andres J., Arce O., Thomas C. (2013). Banking competition, collateral constraints, and optimal monetary policy. *Journal of Money, Credit and Banking*, 45 (s2), 87–125.
- Andreyev M., Polbin A. (2022). Monetary policy for a resource-rich economy and the zero lower bound // *Экономическая политика*. Т. 17. № 3. С. 44–73 (in English). [Andreyev M., Polbin A. (2022). Monetary policy for a resource-rich economy and the zero lower bound. *Ekonomicheskaya Politika*, 17, 3, 44–73.]
- Aruoba B., Cuba-Borda P., Schorfheide F. (2018). Macroeconomic dynamics near the ZLB: A tale of two countries. *Review of Economic Studies*, 85, 1, 87–118.
- Bernanke B.S., Gertler M., Gilchrist S. (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. In: *Handbook of macroeconomics*. Vol. 1. The Netherlands: North-Holland, 1341–1393.
- Brzoza-Brzezina M., Kolasa M., Makarski K. (2013). The anatomy of standard DSGE models with financial frictions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37, 1, 32–51.
- Cover J. (1992). Asymmetric effects of positive and negative money supply shocks. *Quarterly Journal of Economics*, 107, 4, 1261–1282.
- Davis S., Presno I. (2017). Capital controls and monetary policy autonomy in a small open economy. *Journal of Monetary Economics*, 85 (C), 114–130.
- Elliott G., Komunjer I., Timmermann A. (2008). Biases in macroeconomic forecasts: Irrationality or asymmetric loss? *Journal of the European Economic Association*, 6, 1, 122–157.
- Gertler M., Kiyotaki N., Queralto A. (2012). Financial crises, bank risk exposure and government financial policy. *Journal of Monetary Economics*, 59 (S), 17–34.

- Gertler M., Kiyotaki N., Prestipino A. (2020). Credit booms, financial crises, and macroprudential policy. *Review of Economic Dynamics*, 37, 8–33.
- Guerrieri L., Iacoviello M. (2015). OccBin: A toolkit for solving dynamic models with occasionally binding constraints easily. *Journal of Monetary Economics*, 70 (C), 22–38.
- Guerrieri L., Iacoviello M. (2017). Collateral constraints and macroeconomic asymmetries. *Journal of Monetary Economics*, 90 (C), 28–49.
- Hirose Y., Inoue A. (2016). The zero lower bound and parameter bias in an estimated DSGE model. *Journal of Applied Econometrics*, 31, 4, 630–651.
- Holden T. (2016). Computation of solutions to dynamic models with occasionally binding constraints. *EconStor Preprints 130143*, ZBW — Leibniz Information Centre for Economics.
- Iiboshi H., Shintani M., Ueda K. (2022). Estimating a nonlinear new Keynesian model with the zero lower bound for Japan. *Journal of Money, Credit and Banking*, 54, 6, 1637–1671.
- Karras G. (1996). Are the output effects of monetary policy asymmetric? Evidence from a sample of European countries. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 58, 267–278.
- Kiyotaki N., Moore J. (1997). Credit cycles. *Journal of Political Economy*, 105, 2, 211–248.
- Kocherlakota N. (2000). Creating business cycles through credit constraints. Federal Reserve Bank of Minneapolis. *Quarterly Review*, 24, 2–10.
- Lepetyuk V., Maliar L., Maliar S. (2020). When the U.S. catches a cold, Canada sneezes: A lower-bound tale told by deep learning. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 117 (C). Available at: <https://lmaliar.ws.gc.cuny.edu/files/2020/08/JEDC2020.pdf>
- Liu Z., Wang P., Zha T. (2013). Land-price dynamics and macroeconomic fluctuations. *Econometrica*, 81, 3, 1147–1184.
- Liu Z., Miao J., Zha T. (2016). Land prices and unemployment. *Journal of Monetary Economics*, 80 (C), 86–105.

The macroeconomic role of the collateral constraint in resource-rich countries

© 2023 M.Yu. Andreyev, A.V. Polbin

M.Yu. Andreyev,

Bank of Russia; Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia; e-mail: m.andreyev@inbox.ru

A.V. Polbin,

Gaidar Institute for Economic Policy; Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia; e-mail: apolbin@gmail.com

Received 13.05.2022

The study was supported by grant No. 21-78-10020 from the Russian Science Foundation⁴.

Abstract. In this paper we consider a small open economy heavily dependent on resource exports. The aim of the study is to identify the role of the collateral constraint in such an economy. Collateral constraint is a restriction according to which the value of debt should not exceed a certain percentage of the value of collateral. We study the transmission role of the collateral constraint under the terms-of-trade (TOT) shock. For this purpose, a DSGE model is considered. There are two types of households in the model: patient households who are both creditors and owners of capital, and impatient households who are debtors. The features of the model are two restrictions in the form of inequalities: the collateral constraint and the zero lower bound (ZLB) constraint. This imposes special requirements on the solution method. We found that if the monetary policy (MP) is not inertial, that is, the central bank, when setting the interest rate, is loosely tied to its historical values, then under a series of unidirectional TOT shocks, the response of the economy is highly skewed with respect to positive and negative shocks. Both inequalities bind. The binding of both inequalities reduces the positive impact of the TOT shock. If the monetary policy is inertial or the central bank reacts poorly to inflation change, then only the collateral constraint binds, and the effect of asymmetry almost disappears.

Keywords: DSGE, non-linear models, collateral constraint, terms of trade, asymmetry, ZLB.

JEL Classification: D58, E32, E52, E58.

For reference: Andreyev M. Yu., Polbin A.V. (2023). The macroeconomic role of the collateral constraint in resource-rich countries. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 1, 93–104. DOI: 10.31857/S042473880020147-0

⁴ <https://rscf.ru/en/project/21-78-10020>