СЕРКОВ Леонид Александрович

Кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник

Институт экономики Уральского отделения РАН

620014, РФ, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29

Контактный телефон: (343) 371-04-11

e-mail: dsge2012@mail.ru

Влияние внешних и внутренних шоков на макроэкономические показатели региона¹

Статья посвящена исследованию воздействия внешних и внутренних шоков спроса и предложения на поведение экономических агентов. Влияние шоков на макроэкономические показатели региона определялось с помощью компактной региональной динамической стохастической модели общего равновесия. Параметры модели оценивались методом Байеса на статистических данных экономики Свердловской области. Модель является неокейнсианской, с рациональными ожиданиями экономических агентов, без наличных денег, с жесткими ценами и гибкой заработной платой. Особенность ее состоит в том, что в качестве одного из факторов, влияющих на объем выпуска, вводится социальный фактор развития региона, зависящий от социальных расходов (в том числе на здравоохранение) на образование и науку в регионе. Посредством функций импульсного отклика изучено воздействие одномоментных положительных внешних и внутренних временных шоков на некоторые региональные переменные модели (совокупное потребление, инвестиции, объем выпуска, реальная заработная плата, уровень инфляции).

JEL classification: E17, E52, E61

Ключевые слова: регион; динамические стохастические модели; шоки спроса и предложения; социальный фактор; функции импульсного отклика.

Введение

Разработка политики эффективного использования производственного, ресурсного, инновационного и иных потенциалов устойчивого развития региона требует методического инструментария формирования стратегии его развития. Таким инструментарием являются динамические модели субъекта Федерации, в рамках которых можно исследовать закономерности и каналы взаимодействия субъекта с остальными субъектами и с центром. Этим требованиям удовлетворяют динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE-модели). Данный тип моделей стал результатом нового неоклассического синтеза и комбинирует лучшие идеи двух современных школ экономической мысли: неоклассической и неокейнсианской. Модели обладают не только теоретической, но и практической ценностью, что подтверждается повсеместным их использованием центральными банками многих стран мира: Канады [11], Великобритании [16], США [9] и др. DSGE-модели предлагают формальный экономико-математический аппарат, как для анализа источников флуктуации экономики (шоков), так и для анализа макроэкономической политики. Теоретической основой рассматриваемого вида анализа являются микроэкономические обоснования, в рамках которых

¹ Статья подготовлена в соответствии с планом научно-исследовательской деятельности Института экономики Уральского отделения РАН (тема № 0404-2015-0024 в ИСГЗ ФАНО).

динамика экономической системы представляет собой результат некоторой оптимизационной деятельности экономических агентов.

Подавляющее большинство работ с использованием DSGE-моделей посвящено исследованию макроэкономической политики национальных экономик. В частности, макроэкономическая политика России анализируется в публикациях [3; 4], макроэкономическая политика зарубежных стран – в работах [7; 12; 17]. Считанное число работ исследуют региональную политику [8; 15], но в них рассматривается взаимодействие регионов только с центром, но не между собой. С одной стороны, недостаточный интерес к региональным моделям вызван тем, что в докризисный период (до 2008 г.) разработчиков и исследователей DSGE-моделей интересовал в основном анализ монетарной политики. Многие экономисты считали тогда, что фискальная политика непригодна в качестве контрциклического инструмента. Интерес к анализу фискальной политики возродился в посткризисный период. С другой стороны, модели региональных экономик из-за отсутствия замкнутости финансовых и материальных потоков являются более сложными по сравнению с моделями национальных экономик.

В предлагаемой публикации представлена компактная региональная субъектная DSGE-модель и исследуется влияние внешних (центра и других регионов) и внутренних шоков спроса и предложения на поведение экономических агентов. Параметры модели оцениваются байесовским методом на статистических данных экономики Свердловской области – одного из наиболее представительных регионов России.

Описание модели

В компактной региональной модели явным образом рассматриваются пять видов агентов. Три агента – домашние хозяйства, фирмы, производящие промежуточный и конечный продукт, региональное правительство – относятся к анализируемому (домашнему) региону. Два других агента – Правительство РФ и Центробанк. Домашние хозяйства, производители и региональные правительства оставшихся регионов не моделируются явным образом. Предполагается, что эти регионы предъявляют некоторый спрос на товары и услуги домашних производителей. В качестве региона могут выступать область или федеральный округ.

Исследуемая модель оценивалась по статистическим данным Свердловской области, поэтому она выступает в качестве региона. Так как доля Свердловской области в экономике страны невелика (ВРП области составляет примерно 2,4% ВВП РФ), то исследуемую региональную модель можно позиционировать как модель малой открытой экономики¹. Рассматриваемый регион взаимодействует с оставшимися регионами, Правительством РФ и Центробанком. Так как в публикации изучается влияние внешних (центра и других регионов) и внутренних шоков спроса и предложения на поведение экономических агентов, взаимодействием регионов с остальным миром пренебрегаем.

Исследуемая модель является неокейнсианской DSGE-моделью с рациональными ожиданиями экономических агентов без наличных денег, с жесткими ценами и гибкой заработной платой².

Представленная на рис. 1 модель построена в соответствии с общими принципами разработки DSGE-моделей [9; 11; 16].

Домашние хозяйства. В описываемой модели существует континуальное множество бесконечно живущих репрезентативных домохозяйств единичной массы (агенту присваивается индекс $j \in [0, 1]$), потребляющих конечные товары. В дальнейшем этот

¹ Эпитет «малая» означает, что изменения в экономике региона не влияют на национальную экономику. Если в качестве региона рассматривается федеральный округ, то это приближение несправедливо.

² Гибкость заработной платы означает совершенную мобильность труда между фирмами.

индекс для домохозяйств будем опускать ввиду их репрезентативности. Предполагается наличие двух типов домохозяйств: домохозяйства, имеющие доступ к финансовым рынкам; домохозяйства, не участвующие в деятельности финансовых рынков. Первый тип домохозяйств, являющихся держателями активов и собственниками фирм, сглаживают свое потребление во времени. Их доля составляет $1 - \lambda$. Второй тип домохозяйств – это агенты без активов и обязательств. Они потребляют весь свой текущий доход, не оптимизируют потребление, их доля равна λ .

Рис. 1. Блок-схема DSGE-модели региона:

ДХ – домашние хозяйства (включая собственников фирм);

Пр – производители (фирмы, производящие промежуточный и конечный продукт);

РП – региональное правительство

Домохозяйства, имеющие доступ к финансовым рынкам, в каждом периоде времени t решают задачу максимизации ожидаемой дисконтированной суммы значений функции полезности $U(C_t^R)$ и функции затраченного на труд времени репрезентативного домохозяйства $V(N_t^R)$:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [U(C_t^R) - V(N_t^R)], \quad (1)$$

где E_0 – оператор рациональных ожиданий потребителей¹; β – коэффициент дисконтирования ($0 < \beta < 1$); C_t^R – объем потребления некоторого композитного продукта (продукта, производимого в домашнем регионе и импортируемого из остальных регионов РФ) домохозяйствами, имеющими доступ к финансовым рынкам²; N_t^R – количество отработанных часов.

Домохозяйства, имеющие доступ к финансовым рынкам, максимизируют свое благосостояние при следующем динамическом бюджетном ограничении:

¹ Подробнее о рациональных ожиданиях см.: [1].

² Все переменные модели являются переменными на душу населения.

$$(1 + \tau_{c,t})C_t^R + I_t^R + \frac{B_t}{(1 + r_t)P_t} + \frac{B_t^c}{(1 + r_t^c)P_t\Phi(A_t)} = \frac{B_{t-1}}{P_t} + \frac{B_{t-1}^c}{P_t} + \frac{(1 - \tau_{h,t})W_t}{P_t}N_t^R + \quad (2)$$

$$+ (1 - \tau_{h,t})r_t^k K_t^R + (1 - \tau_{p,t})X_t + Tr_t + Tr_t^c,$$

где B_t, B_t^c – однопериодные долговые региональные и федеральные обязательства (в номинальном выражении); r_t, r_t^c – номинальные процентные ставки по этим обязательствам; r_t^k – реальная арендная стоимость капитала; W_t – заработная плата за один час в номинальном выражении; I_t^R – реальный объем инвестиций; P_t – индекс уровня цен в регионе (индекс потребительских цен); X_t – реальная прибыль собственников фирм; Tr_t, Tr_t^c – суммарные трансферты со стороны региона и центра; $\tau_{c,t}, \tau_{h,t}, \tau_{p,t}$ – эффективные налоговые ставки косвенного налога на потребителя (налог на добавленную стоимость), налога с располагаемого дохода (и с капитала) и налога с прибыли соответственно (отметим, что эти налоги являются искажающими); $\Phi(A_t)$ – премия за риск владения федеральными обязательствами¹, где $A_t = B_t^c/P_t$.

Накопление капитала домохозяйствами с доступом к финансовым рынкам происходит в соответствии с уравнением

$$K_{t+1}^R = (1 - \delta)K_t^R + f\left(\frac{I_t^R}{K_t^R}\right)K_t^R, \quad (3)$$

где δ – норма амортизации; второе слагаемое в правой части отражает ресурсные издержки на введение нового капитала (скорость приспособления капитала).

Предполагается, что $f' > 0, f'' \leq 0, f'(\delta) = 1, f(\delta) = \delta$.

Домохозяйства, не владеющие активами, потребляют весь свой текущий доход, не сглаживая потребление. У данного типа домохозяйств отсутствует межвременное замещение, связанное с изменением процентной ставки. Такие домохозяйства выбирают уровень потребления и количество рабочего времени в момент времени t , исходя из бюджетного ограничения

$$(1 + \tau_{c,t})C_t^N = \frac{(1 - \tau_{h,t})W_t}{P_t}N_t^N + Tr_t + Tr_t^c, \quad (4)$$

где C_t^N – объем потребления некоторого композитного товара домохозяйством, не имеющим доступ к финансовым рынкам.

Функция полезности для домохозяйств с доступом к финансовым рынкам $U(C_t^R) \equiv (C_t^R - hC_{t-1}^R)^{1-\sigma} / (1-\sigma)$, а также функция затраченного на труд времени $V(N_t^R) \equiv (N_t^R)^{1+\phi} / (1+\phi)$, где σ – параметр, обратный эластичности межвременного замещения; ϕ – параметр, обратный эластичности предложения труда². Параметр h в функции полезности отражает наличие привычек в потреблении ($0 \leq h \leq 1$). Предполагается, что устойчивый уровень отработанных рабочих часов одинаков у обеих групп домохозяйств: $N_t^R = N_t^N = N_t$.

Таким образом, задача для домашних хозяйств с доступом к финансовым рынкам заключается в максимизации функции благосостояния (1) при динамических ограничениях (2) и (3).

Потребление домашних хозяйств, не имеющих доступа к финансовым рынкам, определяется следующим образом:

¹ Подробнее о целесообразности введения премии за риск см.: [9].

² Этот параметр определяется так же как предельная норма замещения потребления досугом.

$$C_t^N = \frac{(1 - \tau_{h,t})W_t}{(1 + \tau_{c,t})P_t} N_t^N + \frac{(Tr_t + Tr_t^c)}{(1 + \tau_{c,t})}. \quad (5)$$

Агрегированное потребление обоих типов домохозяйств $C_t = (1 - \lambda)C_t^R + \lambda C_t^N$, капитал $K_t = (1 - \lambda)K_t^R$, инвестиции $I_t = (1 - \lambda)I_t^R$. Отметим также, что агрегированное количество отработанных часов $N_t = (1 - \lambda)N_t^R + \lambda N_t^N$.

Производители. В модели предполагается наличие фирм двух типов: фирмы, производящие собственный продукт («домашние» производители); фирмы-импортеры¹. Домашние производители состоят из фирм, производящих конечный продукт, и фирм, производящих промежуточный продукт. Фирмы, производящие конечный продукт, действуют в условиях совершенной конкуренции, а фирмы, производящие промежуточный продукт, в условиях монополистической конкуренции. Фирмы производят конечный продукт, потребляемый сектором домашних хозяйств в описываемом и в остальных регионах, а также региональным правительством.

Потребление конечного продукта домашними хозяйствами описывается функцией с постоянной эластичностью замещения (CES-функцией)²:

$$C_t = \left[(1 - \alpha_c)^{1/\eta} C_{H,t}^{(\eta-1)/\eta} + \alpha_c^{1/\eta} C_{F,t}^{(\eta-1)/\eta} \right]^{\eta/(\eta-1)}, \quad (6)$$

где $C_{H,t}$, $C_{F,t}$ – индексы потребления собственных (произведенных в рассматриваемом регионе) и импортных (произведенных в остальных регионах) товаров и услуг. Параметр α_c определяет долю импортных товаров в индексе потребительских цен, или степень открытости региональной экономики; параметр η – эластичность замещения между собственными и импортными (получаемыми из других регионов) товарами и услугами ($\eta > 0$).

Индексы потребления собственных и импортных товаров и услуг описываются CES-функцией агрегации промежуточных благ, предлагаемых множеством промежуточных фирм единичной меры:

$$C_{H,t} = \left(\int_0^1 C_{H,t}(h)^{(\varepsilon_H-1)/\varepsilon_H} dh \right)^{\varepsilon_H/(\varepsilon_H-1)} \text{ и } C_{F,t} = \left(\int_0^1 C_{F,t}(h)^{(\varepsilon_F-1)/\varepsilon_F} df \right)^{\varepsilon_F/(\varepsilon_F-1)}, \quad (7)$$

где ε_H , ε_F – эластичность замещения между h -й и f -й разновидностью домашних и импортных брендов соответственно (ε_H , $\varepsilon_F \geq 1$).

Задача нахождения функций спроса (7) решается минимизацией расходов на потребительскую корзину ($P_{H,t}C_{H,t} + P_{F,t}C_{F,t}$) при условии (6). Решением этой задачи являются функции спроса

$$C_{H,t} = (1 - \alpha_c)C_t \left(P_{H,t}/P_t \right)^{-\eta}, \quad (8)$$

$$C_{F,t} = \alpha_c C_t \left(P_{F,t}/P_t \right)^{-\eta}, \quad (9)$$

где $P_{H,t}$ – уровень потребительских цен домашних региональных товаров; $P_{F,t}$ – уровень потребительских цен товаров, импортируемых из других регионов.

¹ Как уже отмечалось, потребительский сектор других регионов не моделируется явным образом, а предполагается, что другие регионы предъявляют некоторый спрос на товары и услуги домашних производителей, который отрицательно зависит от относительной цены данных товаров и услуг. Поэтому в модели не выделяются явным образом фирмы-экспортеры.

² Выбор данного вида функции потребления обусловлен тем, что товары и услуги, производимые внутри региона, являются несовершенными заменителями товаров и услуг, производимых в других регионах.

Уровень инвестиций в домашнее производство в регионе описывается тоже функцией с постоянной эластичностью замещения, аналогичной (7). Соответственно спрос на инвестиции описывается функциями, аналогичными функциям спроса (8)–(9).

Будем считать, что расходы регионального правительства G_t связаны лишь с приобретением товаров и услуг, производимых в рассматриваемом регионе, т. е.

$$(1 - \psi_t) G_t = \left[\int_0^1 G_{H,t}(h)^{(\varepsilon_H - 1)/\varepsilon_H} \right]^{\varepsilon_H/(\varepsilon_H - 1)}, \quad (10)$$

где ψ_t – зависящая от времени доля расходов регионального правительства на социальную политику, здравоохранение, науку и образование.

Производство домашнего промежуточного продукта задается функцией $Y_t(k) = Z_t^Y N_t^{1-\alpha_K} K_t^{\alpha_K} (K_t^S)^Y$, где Z_t^Y – совокупная факторная производительность, зависящая от уровня технологий; α_K – доля капитала в объеме выпуска. Переменная K_t^S в производственной функции производителей промежуточного продукта определяет социальный фактор развития региона, зависящий от социальных расходов (включая расходы на здравоохранение) и расходов на образование и науку в регионе. Присутствие этого фактора в производственной функции обеспечивает существование положительных экстерналий для фирм частного сектора и вводит канал воздействия региональной фискальной политики на объем выпуска. Доля социального фактора в производственной функции определяется параметром γ .

Домашние товары и услуги потребляются, как отмечалось выше, домашними хозяйствами описываемого и остальных регионов, а также домашним региональным правительством. При этом неявно полагается, что фирмы экспортеры приобретают гомогенный домашний продукт, дифференцируют его на множество брендов, которые потребляются в сторонних регионах. Также предполагается, что потребители остальных регионов имеют те же предпочтения для домашних товаров и услуг, что и домашние потребители. Тогда спрос на домашние товары и услуги, а также на инвестиции со стороны сторонних потребителей описывается функцией (по аналогии с функциями спроса (8) и (9)):

$$C_{H,t}^f = \alpha^f \left(\frac{P_{H,t}}{P_{F,t}^f} \right)^{-\eta} C_t^f; I_{H,t}^f = \alpha^I \left(\frac{P_{H,t}}{P_{F,t}^f} \right)^{-\eta} I_t^f, \quad (11)$$

где C_t^f, I_t^f – совокупный сторонний спрос на все потребляемые блага и инвестиции в остальных регионах; α^f, α^I – степень открытости экономики сторонних регионов для товаров, услуг и инвестиций домашнего региона; $P_{F,t}^f$ – цена на импортируемые из домашнего региона товары и услуги. Совокупный спрос на домашние товары и услуги $C_{H,t}^T$ определяется следующим образом:

$$C_{H,t}^T = C_{H,t} + C_{H,t}^f + (1 - \psi_t) G_t = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t + \alpha^f \left(\frac{P_{H,t}}{P_{F,t}^f} \right)^{-\eta} C_t^f + (1 - \psi_t) G_t. \quad (12)$$

Как уже отмечалось, фирмы, производящие промежуточный продукт, действуют в условиях несовершенной конкуренции, т. е. могут самостоятельно изменять цены. Исследуемая модель является неокейнсианской и предполагает номинальную жесткость цен в соответствии с подходом Дж. Ротемберга [13]. Согласно этому подходу, издержки изменения цен фирм являются квадратичной функцией от ценового изменения. Эти издержки возникают из-за изменения внутренней инфляции (инфляции, связанной с ценами на блага, производимые в «домашнем» регионе) по отношению к стационарной и из-за изменения внутренней инфляции по отношению к общей инфляции

(инфляции, связанной с уровнем потребительских цен) в предыдущий период. При этом оптимальная цена в текущий момент времени обуславливается максимизацией прибыли производителей.

Фирмы импортеры домашнего региона приобретают продукт по цене $P_{F,t}^f$. Каждый импортер устанавливает свой бренд на продукт и продает его на домашнем рынке по цене $P_{F,t}(f)$. Это означает, что фирмы импортируют общий гомогенный продукт, а затем наделяют его индивидуальными характеристиками, превращая в дифференцированный. По аналогии с внутренними промежуточными товарами отдельный вид импортируемой продукции выступает в качестве несовершенного субститута по отношению к другим. Импортеры действуют в условиях монополистической конкуренции. Оптимальная цена в момент времени t , которую они устанавливают, определяется аналогично оптимальной цене домашних производителей, за исключением того, что номинальные предельные издержки импортеров равны $P_{F,t}^f$.

Региональное правительство. Региональное правительство покупает конечный продукт домашнего производителя, выпускает долговые обязательства и взимает налоги. Реальное бюджетное ограничение регионального правительства с учетом расщепления налогов между регионом и центром определяется как

$$(1 - \psi_t)G_t + \frac{B_{t-1}}{P_t} + Tr_t = \tau_{h,t} \left(\frac{W_t N_t}{P_t} + r_t^k K_t \right) + 0,85 \tau_{p,t} X_t + \frac{B_t}{(1 + r_t)P_t} + Tr_t^c, \quad (13)$$

где ψ_t – зависящая от времени доля расходов регионального правительства на социальную политику, здравоохранение, науку и образование; Tr_t^c – трансферты со стороны центра. В бюджетном ограничении регионального правительства (13) отсутствует слагаемое, связанное с взиманием региональным правительством налога на добавленную стоимость $\tau_{c,t}$, так этот налог полностью поступает в федеральный бюджет. Множитель 0,85 перед налогом на прибыль $\tau_{p,t}$ означает, что 85% этого налога поступают в региональный бюджет.

В исследуемой модели анализируются три различных бюджетных правила для расходов регионального правительства:

$$\ln \left(\frac{G_t}{G} \right) = \rho_g \ln \left(\frac{G_{t-1}}{G} \right) + (1 - \rho_g) \mu_{gb} \ln \left(\frac{B_t/P_t}{B/P} \right) + \varepsilon_{g,t}, \quad \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2); \quad (14)$$

$$\ln \left(\frac{G_t}{G} \right) = \rho_g \ln \left(\frac{G_{t-1}}{G} \right) + (1 - \rho_g) \mu_{gy} \ln \left(\frac{y_{t-1}}{y} \right) + \varepsilon_{g,t}, \quad \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2); \quad (15)$$

$$\ln \left(\frac{G_t}{G} \right) = \rho_g \ln \left(\frac{G_{t-1}}{G} \right) + \varepsilon_{g,t}, \quad \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2), \quad (16)$$

т. е. рассматриваются два бюджетных правила с обратной связью между расходами и долговыми обязательствами (14), расходами и ВВП (15) и экзогенное правило без обратной связи (16). Параметры μ_{gb} , μ_{gy} в (14), (15) – коэффициенты обратной связи. Все переменные без индекса t являются стационарными детерминированными значениями соответствующих переменных, зависящих от времени. Региональные трансферты распределяются по аналогии с уравнением (14):

$$\ln \left(\frac{Tr_t}{Tr} \right) = \rho_{tr} \ln \left(\frac{Tr_{t-1}}{Tr} \right) + (1 - \rho_{tr}) \mu_{tr} \ln \left(\frac{B_t/P_t}{B/P} \right) + \varepsilon_{tr,t}, \quad \varepsilon_{tr,t} \sim N(0, \sigma_{tr}^2). \quad (17)$$

Ставки подоходного налога положительно зависят от отношения долговых обязательств региона к ВРП¹:

$$\ln\left(\frac{\tau_{h,t}}{\tau_h}\right) = \rho_{th} \ln\left(\frac{\tau_{h,t-1}}{\tau_h}\right) + (1 - \rho_{th}) \ln\left(\frac{\frac{B_t^c/P_t}{y_{t-1}^c / y^c}}{\frac{B^c/P}{y_{t-1}^c / y^c}}\right) + \varepsilon_{\tau_{h,t}}, \varepsilon_{\tau_{h,t}} \sim N(0, \sigma_{\tau_{h,t}}^2); \quad (18)$$

$$\ln\left(\frac{\tau_{c,t}}{\tau_c}\right) = \rho_{tc} \ln\left(\frac{\tau_{c,t-1}}{\tau_c}\right) + (1 - \rho_{tc}) \ln\left(\frac{\frac{B_t^c/P_t}{y_{t-1}^c / y^c}}{\frac{B^c/P}{y_{t-1}^c / y^c}}\right) + \varepsilon_{\tau_{c,t}}, \varepsilon_{\tau_{c,t}} \sim N(0, \sigma_{\tau_{c,t}}^2); \quad (19)$$

$$\ln\left(\frac{\tau_{p,t}}{\tau_p}\right) = \rho_{tp} \ln\left(\frac{\tau_{p,t-1}}{\tau_p}\right) + (1 - \rho_{tp}) \ln\left(\frac{\frac{B_t^c/P_t}{y_{t-1}^c / y^c}}{\frac{B^c/P}{y_{t-1}^c / y^c}}\right) + \varepsilon_{\tau_{p,t}}, \varepsilon_{\tau_{p,t}} \sim N(0, \sigma_{\tau_{p,t}}^2). \quad (20)$$

Как отмечалось, социальный фактор K_t^g в выражении для производственной функции зависит от социальных расходов, расходов на здравоохранение, образование и науку со стороны регионального правительства. Представим эту функциональную зависимость в следующем виде:

$$\ln \frac{K_t^g}{K^g} = \beta_{K_g} \ln \frac{K_{t-1}^g}{K^g} + \beta_g \ln \frac{G_t^s}{G^s} + \varepsilon_{K_g,t}, \varepsilon_{K_g,t} \sim N(0, \sigma_{K_g}^2), \quad (21)$$

где G_t^s – социальные расходы, расходы на здравоохранение, образование и науку, составляющие определенную долю совокупных расходов регионального правительства:

$$G_t^s = \psi_t G_t. \quad (22)$$

Наконец, агрегированный региональный ВРП определяется как

$$Y_t = C_{H,t} + C_{H,t}^f + G_t + I_{H,t} + I_{H,t}^f. \quad (23)$$

Федеральное правительство и Центральный банк. Федеральное правительство покупает конечный продукт производителей всех регионов, выпускает долговые обязательства и получает с учетом расщепления налоги от регионов. Реальное бюджетное ограничение федерального правительства определяется как²

$$G_t^c + \frac{B_{t-1}^c}{P_t} + Tr_t^c = \tau_{c,t} (C_t^f + G_t^c) + 0,15 \tau_{p,t} X_t + \frac{B_t^c}{(1 + r_t^c) P_t}. \quad (24)$$

Для федерального бюджета также анализируются три различных правила государственных расходов и трансфертов, аналогичные региональным правилам (14)–(16).

¹ Налоговые ставки устанавливаются центром и поэтому зависят от отношения федеральных долговых обязательств к ВВП.

² Напоминаем, что все переменные в модели являются переменными на душу населения.

На данный момент в экономической среде нет консенсуса относительно единого правила, которого бы придерживался Центральный банк России. Существуют работы, показывающие, что правило Центрального банка России может рассматриваться как стандартное правило Тейлора для процентной ставки [18]. Поэтому в данной публикации монетарная политика ЦБ моделируется именно в такой форме, т. е. предполагается, что процентная ставка подчиняется правилу

$$\ln\left(\frac{R_t^c}{R^c}\right) = \omega_{rc} \ln\left(\frac{R_{t-1}^c}{R^c}\right) + \left(\frac{1 - \omega_{rc}}{R^c}\right) \left[\omega_{\pi c} \ln\left(\frac{\pi_t^c}{\pi}\right) + \omega_{yc} \left(\frac{y_t^c}{y_{t-1}^c}\right) \right] + \varepsilon_t^{rc}, \varepsilon_t^{rc} \sim N(0, \sigma_{rc}^2), \quad (25)$$

где $R_t^c = 1 + r_t^c$, ω_{rc} , $\omega_{\pi c}$, ω_{yc} – весовые факторы в правиле Тейлора.

Решение и оценка параметров модели

Для решения приведенной системы уравнений они представлялись в логлинеаризованном виде¹ относительно соответствующих устойчивых стационарных состояний. Процесс логлинеаризации заключается в преобразовании соотношений модели таким образом, что все уравнения модели становятся линейными функциями относительно переменных, представленных в виде логарифмических отклонений от устойчивых значений. Например, переменная в логлинеаризованном виде $\hat{x}_t = \ln\left(\frac{x_t}{x}\right)$, где x_t – значение переменной в момент t , а x – ее устойчивое стационарное детерминированное значение. Решение модели осуществлялось в пакте программ Matlab.

Параметры модели оценивались по методу Байеса на данных экономики Свердловской области. Байесовский метод оценки параметров DSGE-моделей сочетает процесс калибровки и эконометрического оценивания методом максимального правдоподобия [6; 14]. Используя теорему Байеса и свойства предельной функции плотности вероятности (marginal density), можно записать:

$$p(\vartheta | Y_T) = \frac{p(Y_T | \vartheta) \cdot p(\vartheta)}{p(Y_T)} = \frac{p(Y_T | \vartheta) \cdot p(\vartheta)}{\int p(Y_T | \vartheta) \cdot p(\vartheta) d\vartheta}, \quad (26)$$

где ϑ – вектор параметров модели; Y_T – вектор наблюдаемых переменных; T – размер выборки; $p(Y_T | \vartheta)$ – функция правдоподобия; $p(\vartheta | Y_T)$ – апостериорная функция плотности вероятности вектора параметров модели; $p(\vartheta)$ – априорная функция плотности вероятности вектора параметров модели; $p(Y_T)$ – функция маргинального правдоподобия.

Априорная функция $p(\vartheta)$ вычисляется следующим образом. Путем калибровки определяются точечные оценки параметров, которые принимаются за их математические ожидания. На основе предположений разработчика, значений в других исследованиях раскрываются стандартные отклонения параметров. В зависимости от ограничений на параметры делаются предположения о законах их распределения. Например, если параметр по определению неотрицателен, то используют гамма-распределение; если значения параметра находятся в диапазоне от нуля до единицы – бета-распределение; если параметр может принимать любые значения – нормальное распределение, и т. д. Исходя из априорного математического ожидания и стандартного отклонения параметра выявляется вид $p(\vartheta)$.

Так как вид функции правдоподобия известен, то можно распознать и вид числителя в формуле (26), в то время как знаменатель является константой (не зависит от ϑ).

¹ Ввиду специфического формата публикации система логлинеаризованных уравнений не приводится. Автор готов предоставить ее по запросу.

Чтобы вычислить оценку параметра на основе апостериорного распределения, необходимо оценить его математическое ожидание. Эта задача может решаться с помощью алгоритма случайного блуждания Метрополиса–Хастингса и алгоритма выборки по значимости [6].

При оценке модели использовались квартальные данные официальных сайтов Росстата и ЦБ об экономике Свердловской области с I квартала 2003 г. по IV квартал 2015 г. по следующим макроэкономическим переменным: ВРП, ВВП, конечное потребление домашних хозяйств региона, конечное потребление домашних хозяйств РФ, доля суммарных региональных расходов на социальную политику, здравоохранение, науку и образование, средняя заработная плата в регионе, уровень общей инфляции в РФ, уровень потребительских цен в регионе и в стране. Перечисленные переменные представлены на душу населения в постоянных ценах I квартала 2003 г.

Из временного ряда переменных удалялась сезонная составляющая с помощью X-12-ARIMA. Все ряды логарифмировались и из них удалялась трендовая составляющая с помощью фильтра Ходрика–Прескотта. Полученные циклические компоненты в дальнейшем трактовались как отклонения от долгосрочного равновесия (стационарного состояния).

Несколько параметров модели фиксировались. Предполагалось, что коэффициент дисконтирования $\beta = 0,99$ (это соответствует реальной процентной ставке, равной 1% в квартал). Норма амортизации капитала $\delta = 0,025$. Параметры α_c , α_p , α_f считались равными степени открытости национальной экономики 0,26 [2]. Параметр $h = 0,75$, параметр $\alpha_k = 0,33$ [3], параметр $\lambda = 0,5$, налоговые ставки $\tau_h = 0,13$, $\tau_p = 0,2$, $\tau_c = 0,18$ (основные ставки). Остальные параметры оценивались с помощью метода Байеса.

Сравнение правил фискальной политики в исследуемой модели

Выбор адекватного статистическим данным правила фискальной политики проводился путем сравнения исследуемых моделей с различными формулировками этого правила. Анализировалась модель M_1 с зависимостью региональных и государственных расходов от долговых обязательств – зависимость (14) и аналогичная зависимость для госрасходов; модель M_2 с зависимостью региональных и федеральных расходов от регионального объема выпуска – зависимость (15) и аналогичная зависимость для госрасходов; модель M_3 с экзогенной зависимостью региональных и федеральных расходов – зависимость (16) и аналогичная зависимость для госрасходов. Целевым критерием сравнения моделей является фактор Байеса [6].

Для структурных моделей M_i и M_j фактор Байеса определяется как отношение функций маргинального правдоподобия (см.: (26)):

$$B_{i,j}(Y_T) = \frac{p(Y_T | M_i)}{p(Y_T | M_j)}.$$

Результаты сравнения моделей приведены в таблице.

Значения фактора Байеса для сравниваемых моделей с различным правилом региональных и государственных расходов

Показатель	Исследуемая модель		
	M_1	M_2	M_3
Параметр μ_k	0,1965	0,1431	–
Логарифм функции маргинального правдоподобия	696,654	679,111	676,981
Фактор Байеса	$\exp(19,673)$	$\exp(2,130)$	1

Сравнение правил политики региональных расходов в моделях M_1 , M_2 и M_3 свидетельствует о большем значении функции маргинального правдоподобия для модели M_1 с эндогенной зависимостью региональных и государственных расходов от долговых обязательств, по сравнению с моделями M_2 и M_3 . Таким образом, модель M_1 точнее описывает статистические данные Свердловской области. Поэтому при исследовании свойств региональной модели использовались бюджетное правило (14) и аналогичное правило для госрасходов.

Анализ функций импульсного отклика

Одной из важнейших характеристик DSGE-моделей является поведение функций импульсного отклика. На рис. 2–11 показано влияние одномоментных положительных внешних и внутренних временных шоков на некоторые региональные переменные исследуемой модели при значениях параметров $\lambda = 0,5$, $\alpha_k = 0,33$. Доля социального фактора развития региона γ равна 20%. Величина шоков равна одному стандартному отклонению.

Некоторые результаты являются ожидаемыми (см. рис. 2–6).

Влияние технологического шока внутри региона (см. рис. 2) приводит к росту региональных переменных: уровня потребления, объема выпуска, объема инвестиций, заработной платы и к уменьшению инфляции, как внутренней, так и общей. Ожидается также то, что увеличение процентной ставки Центральным банком России (см. рис. 4) вызовет снижение этих региональных переменных.

Интересным результатом является влияние шока социального фактора развития региона на поведение региональных переменных (см. рис. 3). Одномоментное увеличение социального фактора по своему влиянию аналогично положительному технологическому шоку, т. е. ведет к росту потребления, заработной платы и уменьшению инфляции.

Следует отметить, что рост региональных расходов (см. рис. 5) обуславливает увеличение регионального потребления, объема выпуска, уровня инвестиций и инфляции в регионе. Рост федеральных расходов, напротив, вызывает снижение уровня инвестиций (см. рис. 6). Это вызвано разной реакцией потребителей с доступом к финансовым рынкам (собственников фирм) на рост государственных и региональных расходов. Данный тип потребителей считает, что текущий рост госрасходов может компенсироваться последующим повышением налогов, так как налоговые ставки устанавливаются федеральным правительством. Поэтому объем инвестиций с их стороны снижается. Этот эффект отсутствует в случае увеличения региональных расходов.

Противоположная реакция реальной заработной платы (см. рис. 5, 6) связана с различной реакцией предложения труда на эти шоки. Как показано в работе [10], при положительных шоках государственных расходов конкурируют два противоположных эффекта: эффект снижения предложения труда, приводящий к росту реальной заработной платы, и эффект отрицательного дохода, приводящий к ее снижению. Результат конкуренции определяется значением эластичности предложения труда. В свою очередь, производители для сохранения прежнего объема выпуска ввиду жесткости цен должны увеличить спрос на трудовые ресурсы.

Реакция региональных переменных на внешний шок спроса и внешний рост цен показана на рис. 7, 8.

Снижение регионального потребления вызвано увеличением внешнего спроса (см. рис. 7) и уровня цен (см. рис. 8).

На рис. 9–11 представлена реакция исследуемых региональных переменных на шоки налоговых процентных ставок.

Реакция переменных на рост процентной ставки налога с располагаемого дохода (см. рис. 10) и налога на прибыль (см. рис. 11) одинакова. Региональное потребление,

Рис. 2. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на технологический шок

Рис. 3. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , общей инфляции π , внутренней инфляции π^h , реальной заработной платы w на шок социального фактора развития региона

Рис. 4. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок процентной ставки Центробанка

Рис. 5. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок региональных расходов

Рис. 6. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции pi , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок государственных расходов

Рис. 7. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции pi , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок совокупного потребления сторонних регионов

Рис. 8. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок уровня цен сторонних регионов

Рис. 9. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок процентной ставки косвенных налогов на потребление

Рис. 10. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , общей инфляции π , реальной заработной платы w , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок процентной ставки налога на располагаемый доход

Рис. 11. Функции импульсного отклика совокупного потребления C , инвестиций I , реальной заработной платы w , общей инфляции π , объема выпуска y , количества отработанных часов N на шок процентной ставки налога на прибыль фирм

объем выпуска и инвестиций, реальная заработная плата и инфляция с повышением указанных процентных ставок снижаются. Отметим, что эти налоги поступают в распоряжение регионального правительства, а косвенные налоги на потребление – в распоряжение федерального правительства. Одномоментное увеличение ставки косвенных потребительских налогов (см. рис. 9), в отличие от предыдущей реакции исследуемых переменных на рост налоговой ставки, приводит к подъему инвестиций. Противоположная реакция уровня инвестиций в регионе на одномоментный рост искажающих потребительских налогов, возможно, связана с тем, что они в меньшей степени, чем другие налоги, затрагивают собственников фирм.

Заключение

Представлена компактная динамическая стохастическая модель общего равновесия, оцененная на статистических данных Свердловской области. Модель нельзя в полной мере характеризовать как региональную модель экономики Свердловской области, поскольку она не отражает структуру экономики региона. В статье представлен тренд к построению моделей региональных экономик в рамках подхода общего равновесия с учетом микроэкономических обоснований и рациональных ожиданий экономических агентов.

Публикация ставит ряд вопросов для будущих исследований. В частности, потребительский сектор описывается репрезентативными агентами – это означает, что все потребители признаются одинаковыми. Кроме того, рынок труда предполагается совершенным (совершенная мобильность трудовых ресурсов). В таких условиях, например, увеличение объема выпуска означает равномерный рост числа отработанных часов всех потребителей. В действительности потребители гетерогенны, а рынки труда несовершенны. Учет этих факторов может несколько изменить полученные результаты¹, например, в контексте причинно-следственных связей переменных модели. Кроме того, детализация модели должна учитывать взаимодействие регионов с остальным миром. Моделирование такой экономики выходит за рамки данного исследования, так как целью публикации было исследование влияния внешних и внутренних шоков на региональные показатели. Указанные выше вопросы являются интересной темой для дальнейших исследований в области регионального моделирования.

Источники

1. Андреев М. Ю., Поспелов И. Г. Принцип рациональных ожиданий: обзор концепций и примеры моделей. М.: ВЦ РАН, 2008.
2. Громова Е., Малаховская О., Сосунов К. Эмпирический анализ оптимальной политики в России: новый кейнсианский подход. М.: ВШЭ, 2009. Препринт WP12/2009/01.
3. Малаховская О. А., Минабутдинов А. Р. Динамическая стохастическая модель общего равновесия экспортноориентированной экономики. М.: ВШЭ, 2013. Препринт WP12/2013/04.
4. Полбин А. В. Построение динамической стохастической модели общего равновесия для экономики с высокой зависимостью от экспорта нефти // Экономический журнал ВШЭ. 2013. № 2. С. 1–37.
5. Серков Л. А. Моделирование ожиданий в системах с гетерогенными агентами // Журнал экономической теории. 2015. № 2. С. 86–92.
6. An S., Schorfheide F. Bayesian Analysis of DSGE Models // Econometric Reviews. 2007. No. 26. Pp. 113–172.
7. Costa S. Structural Trends and Cycles in a DSGE Model for Brazil // Banco Central do Brasil Working Paper. 2016. No. 434.

¹ В частности, модель с гетерогенными агентами рассмотрена автором в работе [5].

8. Duarte M., Wolman A. Fiscal Policy and Regional Inflation in a Currency Union // Journal of international Economics. 2008. No. 2. Pp. 384–401.
9. Erceg C. J., Guerrier L., Gust C. SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis // International Journal of Central Banking. 2006. No. 2. Pp. 111–144.
10. Kamps C. The Dynamic Macroeconomic Effects of Public Capital. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
11. Murchison S., Rennison A. ToTEM: The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model // Bank of Canada Technical Report. 2006. № 97.
12. Rees D., Smith P., Hall J. A Multi-Sector Model of the Australian Economy // RBA Research Discussion Paper. 2015. No. 07.
13. Rotemberg J. Sticky Prices in the United States // The Journal of Political Economy. 1982. Vol. 90, no. 6. Pp. 1187–1211.
14. Schorfheide F. Loss Function-Based Evaluation of DSGE Models // Journal of Applied Econometrics. 2000. Vol. 15. Pp. 645–670.
15. Tamegawa K. Two-Region DSGE Analysis of Regionally Targeted Fiscal Policy // The Review of Regional Studies. 2012. Vol. 42. Pp. 249–263.
16. The Bank of England Quarterly Model / R. Harrison, K. Nikolov, M. Quinn and others. Bank of England Publications, 2005.
17. Valdivia D. Handbook on DSGE Models: Some Useful Tips in Modeling a DSGE Models // MPRA Paper. 2015. No. 61347.
18. Yudaeva K., Ivanova N., Kamenskikh M. What Does the Bank of Russia Target? // Review of the Center for Macroeconomic Studies, Sberbank. Moscow, 2010.

The External and Internal Shocks' Impact on Macroeconomic Indicators of a Region

by Leonid A. Serkov

The research aims to examine the influence of external (from the centre and other regions) and internal shocks of supply and demand on the behaviour of economic agents using a compact regional dynamic stochastic general equilibrium model. The author estimates the parameters of the model by the Bayesian method on the statistical data of the economy of the Sverdlovsk oblast. The model under investigation is New Keynesian, with rational expectations of economic agents, without cash, with rigid prices and flexible wages. The model considers the following types of agents – households, firms producing intermediate and final product, regional and federal government, and the Central Bank. The distinctive feature of the model is that it introduces social factor of the region as a factor influencing the volume of output, which depends on social expenditures (including health care costs) and expenditures on education and science in the region. Through the functions of impulse response, the author explores the influence of simultaneous positive external and internal temporary shocks on some regional variables of the model under study (total consumption, investment, output, real wages, inflation, etc.).

Keywords: region; dynamic stochastic models; supply and demand shocks; social factor; impulse response function.

References:

1. Andreev M. Yu., Pospelov I. G. *Printsip ratsional'nykh ozhidaniy: obzor kontseptsiy i primery modelyey* [Principle of rational expectations: A review of concepts and examples of models]. Moscow: Dorodnitsyn Computing Centre of RAS, 2008.
2. Gromova Ye., Malakhovskaya O., Sosunov K. *Empiricheskiy analiz optimal'noy politiki v Rossii: novyy keynsianskiy podkhod* [Empirical analysis of optimal policy in Russia: A New Keynesian approach]. Moscow: Higher School of Economics, 2009. Preprint WP12/2009/01.

3. Malakhovskaya O. A., Minabutdinov A. R. *Dinamicheskaya stokhasticheskaya model' obshchego ravnovesiya eksportnoorientirovannoy ekonomiki* [Dynamic stochastic model of general equilibrium of export-oriented economy]. Moscow: Higher School of Economics, 2013. Preprint WP12/2013/04.
4. Polbin A. V. Postroenie dinamicheskoy stokhasticheskoy modeli obshchego ravnovesiya dlya ekonomiki s vysokoy zavisimost'yu ot eksporta nefti [Construction of a dynamic stochastic general equilibrium model for an economy with a high dependence on oil exports]. *Ekonomicheskij zhurnal GU-VSHE – HSE Economic Journal*, 2013, no. 2, pp. 1–37.
5. Serkov L. A. Modelirovanie ozhidaniy v sistemakh s geterogennymi agentami [Modeling of expectations in systems with heterogeneous agents]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii – Russian Journal of Economic Theory*, 2015, no. 2, pp. 86–92.
6. An S., Schorfheide F. Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, 2007, no. 26, pp. 113–172.
7. Costa S. Structural Trends and Cycles in a DSGE Model for Brazil. *Banco Central do Brasil Working Paper*, 2016, no. 434.
8. Duarte M., Wolman A. Fiscal Policy and Regional Inflation in a Currency Union. *Journal of international Economics*, 2008, no. 2, pp. 384–401.
9. Erceg C. J., Guerrier L., Gust C. SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis. *International Journal of Central Banking*, 2006, no. 2, pp. 111–144.
10. Kamps C. *The Dynamic Macroeconomic Effects of Public Capital*. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
11. Murchison S., Rennison A. ToTEM: The Bank of Canada's New Quarterly Projection Model. *Bank of Canada Technical Report*, 2006, no. 97.
12. Rees D., Smith P., Hall J. A Multi-Sector Model of the Australian Economy. *RBA Research Discussion Paper*, 2015, no. 07.
13. Rotemberg J. Sticky Prices in the United States. *The Journal of Political Economy*, 1982, vol. 90, no. 6, pp. 1187–1211.
14. Schorfheide F. Loss Function-Based Evaluation of DSGE Models. *Journal of Applied Econometrics*, 2000, vol. 15, pp. 645–670.
15. Tamegawa K. Two-Region DSGE Analysis of Regionally Targeted Fiscal Policy. *The Review of Regional Studies*, 2012, vol. 42, pp. 249–263.
16. Harrison R., Nikolov K., Quinn M. et al. *The Bank of England Quarterly Model*. Bank of England Publications, 2005.
17. Valdivia D. Handbook on DSGE Models: Some Useful Tips in Modeling a DSGE Models. *MPRA Paper*, 2015, no. 61347.
18. Yudaeva K., Ivanova N., Kamenskikh M. *What Does the Bank of Russia Target?* In: Review of the Center for Macroeconomic Studies, Sberbank. Moscow, 2010.

Contact Info:

Leonid A. Serkov, Cand. Sc. (Physics&Math),
Sr. Researcher
Phone: (343) 371-04-11
e-mail: dsge2012@mail.ru

Institute of Economics (Ural branch of RAS)
29 Moskovskaya St., Yekaterinburg, Russia,
620014

Ссылка для цитирования: Серков Л. А. Влияние внешних и внутренних шоков на макроэкономические показатели региона // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 4. С. 45–63. DOI: 10.29141/2073-1019-2018-19-4-4

For citation: Serkov L. A. Vliyaniye vneshnikh i vnutrennikh shokov na makroekonomicheskie pokazateli regiona [The external and internal shocks' impact on macroeconomic indicators of a region]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Journal of the Ural State University of Economics*, 2018, vol. 19, no. 4, pp. 45–63. DOI: 10.29141/2073-1019-2018-19-4-4