

doi 10.17072/1994-9960-2019-2-248-267

УДК 332.14+332.012.2

ББК 65.04+65.013

JEL Code E17, E52, E61

РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ФИСКАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

Серков Леонид Александрович

ORCID ID: [0000-0002-3832-3978](https://orcid.org/0000-0002-3832-3978), e-mail: dsge2012@mail.ru

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук
(620014, Россия, г. Екатеринбург, Московская, 29)

Использование инструментария региональных динамических моделей для анализа экономики субъектов Российской Федерации, в частности для исследования региональных деловых циклов, является в настоящее время актуальной задачей. Это обусловливается необходимостью выработки системных представлений о факторах, условиях и предпосылках развития регионов, об особенностях и тенденциях динамики их отраслевой и территориальной структуры. Целью исследования является разработка динамической стохастической мультисекторной модели для анализа эффектов региональной экономической политики. Научной новизной исследования является разработка и реализация динамических моделей с микроэкономическим обоснованием для формализации процессов развития региональной социально-экономической системы, устойчивости региональной политики и пространственного развития. Подобный класс моделей, составляющий теоретический фундамент современной макроэкономики, используется в настоящее время преимущественно для анализа национальной экономики. Модели подобного класса, описывающие процессы в региональной экономике, практически отсутствуют. Предложенный авторский инструментарий построения региональной динамической стохастической модели общего равновесия описывает структуру реального сектора экономики Свердловской области. Параметризация модели осуществлялась на эмпирических данных экономики Свердловской области за 2003–2016 гг. В модели рассматривается поведение следующих экономических агентов: домашние хозяйства; фирмы, осуществляющие свою деятельность в реальном секторе экономики; региональное правительство; федеральное правительство; Центральный банк. С помощью функций импульсного отклика рассчитаны фискальные мультипликаторы для трех секторов экономики Свердловской области – сектора торгуемых товаров, сектора неторгуемых товаров и сырьевого сектора. Анализ фискальных мультипликаторов показал, что наибольшее влияние из рассматриваемых фискальных шоков на объемы выпуска в рассматриваемых секторах экономики оказывают шок эффективной налоговой ставки на доход физических лиц и шок региональных расходов. Применение инструментария в виде исторической декомпозиции региональных переменных показывает результаты влияния шоков спроса и предложения во временной ретроспективе на объемы выпуска во всех трех рассмотренных секторах региональной экономики. Результаты временной декомпозиции вариаций рассмотренных эндогенных переменных позволяют сделать вывод о том, что циклические процессы в региональной экономике Свердловской области в исследуемом периоде в большей мере обусловлены факторами предложения, а не факторами спроса. Результаты исследования могут использоваться как для анализа приоритетов региональной экономической политики, так и в процессе разработки мер, направленных на снижение вероятности возникновения кризисных явлений в региональной экономике. Представленный в статье общий тренд к построению мультисекторных моделей региональных экономик в рамках подхода общего равновесия с учетом микроэкономических обоснований и рациональных ожиданий экономических агентов акцентирует внимание на перспективах дальнейших исследований. В частности, для отражения специфики регионов необходимо учитывать в модели институциональные факторы соответствующего региона. Этот вопрос является интересной темой для будущих исследований в области моделирования региональных социально-экономических систем.

Ключевые слова: регион, региональная экономическая политика, динамическая стохастическая модель, сектор торгуемых товаров, сектор неторгуемых товаров, сырьевой сектор, фискальные мультипликаторы, шоки спроса, шоки предложения, функции импульсного отклика, историческая декомпозиция вариаций эндогенных переменных.



REGIONAL DYNAMIC STOCHASTIC GENERAL EQUILIBRIUM MODEL AS A TOOL FOR ANALYSIS OF FISCAL POLICY

Leonid Aleksandrovich Serkov

ORCID ID: [0000-0002-3832-3978](https://orcid.org/0000-0002-3832-3978), e-mail: dsge2012@mail.ru

Institute of Economics, the Ural branch of the Russian Academy of Sciences
(29, Moscow st., Ekaterinburg, 620014, Russia)

Using the tools of regional dynamic models for analyzing the economy of the constituent entities of the Russian Federation, in particular, for studying regional business cycles is currently an urgent task. It is determined by the need to develop system conceptions about the factors, conditions and prerequisites for the development of regions, about the features and trends of the dynamics of their sector and territorial structure. The purpose of the article is to develop a dynamic stochastic multi-sector model for analyzing the effects of regional economic policy. The scientific novelty of the research concerns the development and implementation of dynamic models with microeconomic justification to formalize the processes of regional development, the sustainability of regional policy and spatial development. Similar class of models, that forms the theoretical foundation of contemporary macro-economics, is currently used for the analysis of national economy mostly. Models of such class that describe the processes in the regional economy are practically absent. The original tools for the construction of a regional dynamic stochastic general equilibrium model, suggested by the authors, describe the structure of a real sector of the economy of Sverdlovsk region. Parameterization of the model was made on the empirical data basis about the economy of Sverdlovsk region for 2003–2016. The behaviour of the following economic operators has been considered in the model: households; firms operating in the real sector of economy, the regional and federal government, and the Central Bank. Fiscal multipliers for three sectors of the economy – tradable goods sector, non-tradable goods sector and resource sector have been calculated with impulse response functions. The analysis of fiscal multipliers has revealed that the shock of the effective tax rate on individual income and the shock of regional costs have the most significant effect on the output in the above considered sectors of economy among all the rest fiscal shocks. The use of the tools in the form of a historical decomposition of regional variables demonstrates the results of the impact of supply and demand shocks in a time perspective on the output in the three sectors of the regional economy. The results of temporal decomposition of the variations of the endogenous variables mentioned above suggest that the cyclic processes in the regional economy of Sverdlovsk region during the study period are largely due to factors of supply rather than demand. The research results may be used both for the analysis of the regional economic policy priorities and for the development of measures aimed at the decrease of possible crisis phenomena in the regional economy. The trend to the construction of multi-sector models of regional economy in the framework of general equilibrium approach with the macroeconomics justification and rational expectations of economic operators described in the article stresses the importance and prospects of further studies. In particular, to reflect the specifics of the regions, it is necessary to take into account the institutional factors of each region in the model. This issue is an interesting theme for further research in the field of modeling of regional social and economic systems.

Keywords: region, regional economic policy, dynamic stochastic model, tradable and non-tradable goods sector, resource sector, fiscal multipliers, demand shocks, supply shocks, impulse response functions, historical decomposition of variations of endogenous variables.

Введение

Необходимость устойчивого развития регионов предопределяет разработку методического инструментария анализа экономической политики регионов и формирования стратегии их развития. Это становится тем более актуальным в связи с утверждением концепции пространственного развития регионов. Кроме того, актуальность использования подобного инструментария определяется необходимостью выработки системных представлений

о факторах, условиях и предпосылках развития регионов, об особенностях и тенденциях динамики их отраслевой и территориальной структуры.

Поэтому важной задачей является разработка динамической модели субъекта федерации, обладающей обоснованным инструментарием анализа региональных социально-экономических процессов. В качестве подобной модели в статье предлагается использовать динамическую стохастическую модель общего равновесия (DSGE-модель). DSGE-модели являются

мощным инструментом для разработки монетарной и фискальной политики. С помощью этих моделей можно анализировать структурные изменения в экономике и причинно-следственные связи между переменными. Поэтому данный инструментарий используется при исследовании национальных экономик во многих странах [1–3].

Подавляющее большинство работ с использованием DSGE-моделей посвящено исследованию макроэкономической политики национальных экономик. Например, в статьях [4; 5] посредством DSGE-моделей анализируется макроэкономика России. Имеется лишь незначительное число работ, в которых рассматривается регион и, соответственно, анализируется региональная экономическая политика [6–8]. Однако в перечисленных публикациях рассматривается лишь взаимодействие регионов с центром и не рассматривается взаимодействие регионов между собой. В исследовании [8] рассмотрена компактная DSGE-модель региональной экономики, лишенная этих недостатков. Вместе с тем эта модель не может считаться полноправной региональной моделью, так как она не отражает особенностей структуры реального сектора экономики. В свою очередь, особенности структуры реального сектора экономики могут являться причинами инфляционного дифференциала между регионами, различий в переносе валютного курса и т. д.

Отсутствие научного интереса к анализу региональных моделей в докризисный период (2008 г.) вызвано тем, что исследователей DSGE-моделей в этот период интересовал только анализ монетарной политики. Многие ученые считали фискальную политику недостаточно пригодным инструментом противодействия шокам. В посткризисный период эта точка зрения была изменена и, соответственно, появился интерес к анализу фискальной политики.

Таким образом, использование динамических субъектных моделей в качестве инструмента анализа региональной экономической политики является акту-

альной задачей, а получаемые при этом результаты оригинальными.

Исходя из вышесказанного, целью настоящего исследования является применение инструментария динамических стохастических моделей к анализу региональных социально-экономических процессов. Решение данной задачи осуществляется на основе мультисекторной DSGE-модели, параметры которой оцениваются на статистических данных экономики Свердловской области.

Методология исследования и описание модели

В предлагаемой публикации представлена мультисекторная региональная DSGE-модель, отражающая структуру реального сектора экономики Свердловской области. Составной частью модели являются домашние хозяйства, фирмы, региональное и федеральное правительство, Центробанк Российской Федерации. Структура реального сектора экономики модели схематично показана на рис. 1.

Как следует из рис. 1, в модели рассматриваются следующие типы фирм:

1. Производители сырьевого сектора экономики (сектор добычи полезных ископаемых) (далее X-сектор).
2. Производители торгуемых товаров (обрабатывающий сектор) (далее M-сектор).
3. Производители неторгуемых товаров и услуг (далее N-сектор).
4. Импортеры (ввоз товаров из других регионов) (далее F-сектор).
5. Производители конечных товаров и услуг.

Отметим, что вышеописанные секторы экономики в полной мере отражают структуру реального сектора экономики Свердловской области. В качестве базовой схемы описания реального сектора экономики используется мультисекторная модель, представленная в работе [9]. Параметризация модели осуществлялась на эмпирических данных экономики Свердловской области. Модель экономики Свердловской области ввиду малой доли валового регионального продукта по сравнению с

ВВП РФ (примерно 2,4 %) может рассматриваться как модель малой открытой экономики¹. Рассматриваемый регион² обменивается ресурсами с другими регионами России и правительством. Взаимодействие

регионов с остальным миром и, соответственно, перенос обменного курса в модели не учитывается, так как, по мнению автора, подобная детализация не влияет на основные результаты работы.

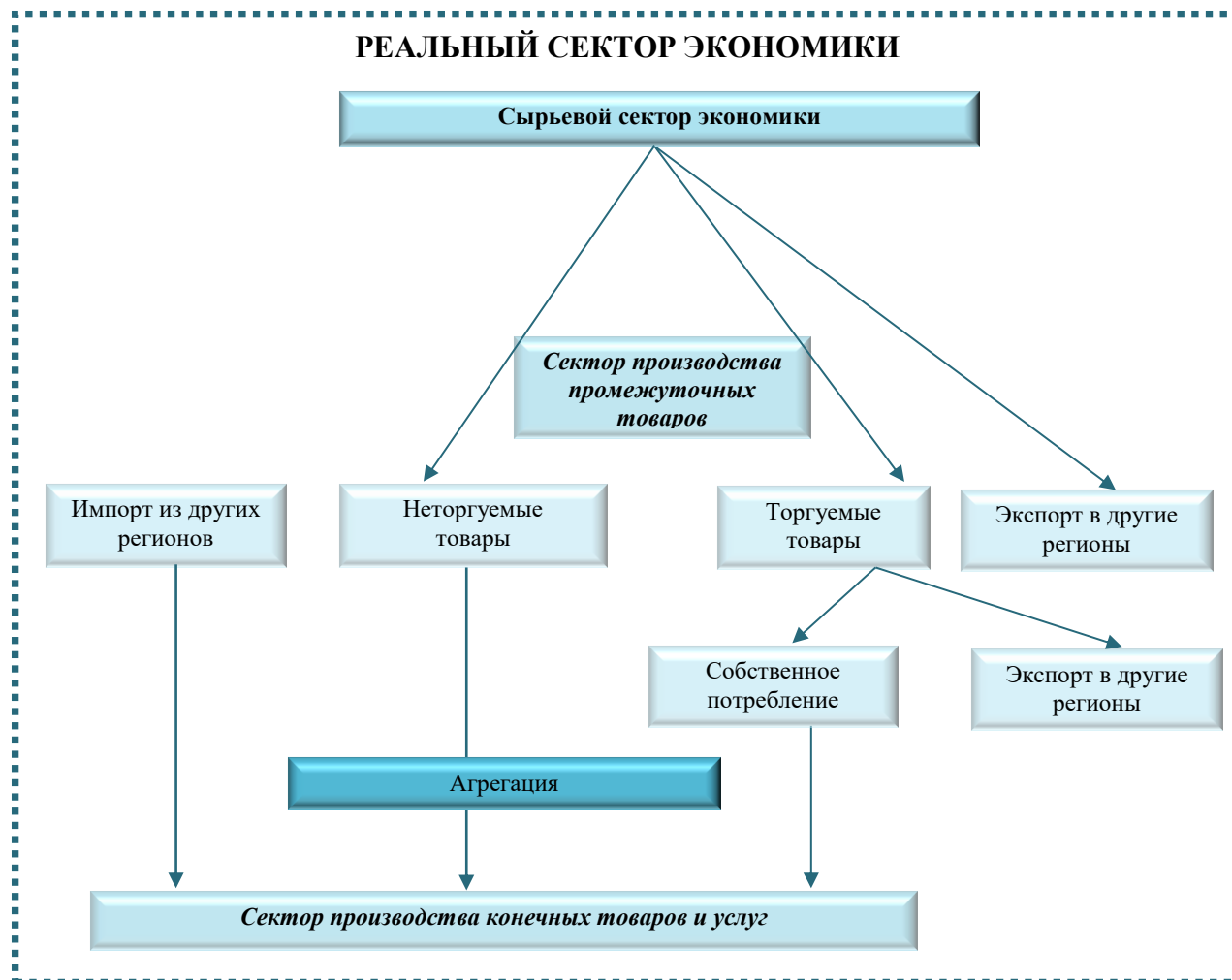


Рис. 1. Структура реального сектора экономики мультисекторной региональной DSGE-модели

В исследовании применяется подход общего равновесия (DSGE-подход), согласно которому экономические агенты оптимизируют свою целевую функцию при определенных ограничениях: домохозяйства на бесконечном горизонте оптимизируют свои траектории потребления и часы досуга; фирмы оптимизируют ожидаемый поток прибыли при заданном технологическом ограничении.

Достоинством модели является то, что каждое ее уравнение является структурным поведенческим правилом, получаемым из микроэкономических обоснований. Исследуемая мультисекторная модель является DSGE-моделью с рациональными ожиданиями экономических агентов [10–12]. Модель имеет неокейнсианские особенности, такие как жесткие цены и жесткая заработная плата³. В модели отражен

¹ На макроэкономическом уровне, так как Свердловская область в некоторых отраслях промышленности доминирует над другими регионами.

² В дальнейшем домашний регион.

³ В публикации [8] представлена региональная односекторная DSGE-модель с жесткими и гибкими заработными платами. Доказано незначительное отличие влияния фискальных шоков для этих двух сценариев на основные региональные показатели.

факт неполного переноса цен в домашнем регионе и оставшейся части России. Предлагаемая модель разработана в соответствии с общими правилами построения DSGE-моделей [12–15].

Охарактеризуем субъекты экономики мультисекторной региональной DSGE-модели.

1. **Домашние хозяйства.** Континуальное множество репрезентативных домохозяйств с индексом $h \in [0,1]$ получает полезность от потребления конечного продукта и досуга. Предполагается существование домашних хозяйств двух типов. Первый тип домохозяйств – домохозяйства рикардианского типа – обладает финансовыми активами. Эти домохозяйства сглаживают свое межвременное потребление, и их доля составляет $1 - \lambda$. Домохозяйства второго типа (нерикардианские домохозяйства) не обладают финансовыми активами, и их доля составляет λ . Получаемый ими трудовой доход в течение каждого периода жизненного цикла они полностью расходуют на потребление.

Репрезентативные рикардианские домохозяйства в каждом периоде времени t максимизируют с учетом дисконтирования ожидаемую сумму значений функции полезности и функции затраченного на труд времени (функции досуга):

$$\max E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [U(C_{h,t}^R) - V(N_{h,t}^R)] \right\}, \quad (1)$$

где E_0 – оператор рациональных ожиданий (математическое ожидание переменной при условии доступной в периоде $t=0$ информации), β – коэффициент дисконтирования ($0 < \beta < 1$), $N_{h,t}^R$ – количество отработанных часов, $C_{h,t}^R$ – объем потребления композитного продукта, составленного из продукта, который производится в домашнем регионе, и продукта, импортируемого из остальных регионов.

Домохозяйства, являющиеся держателями активов, решают задачу оптимизации (1) при динамическом бюджетном ограничении

$$\begin{aligned} (1 + \tau_{c,t})C_{h,t}^R + I_{i,h,t}^R + \frac{B_{h,t}}{(1+r_t)P_t} + \frac{B_{h,t}^c}{(1+r_t^c)P_t\Phi(A_t)} = \\ = \frac{B_{h,t-1}}{P_t} + \frac{B_{h,t-1}^c}{P_t} + \sum_{i=X,M,N} \left(\frac{(1-\tau_{h,t})W_{i,h,t}}{P_t} N_{i,h,t}^R + \right. \\ \left. + (1-\tau_{k,t})r_{i,t}^k K_{i,h,t}^R \right) + (1-\tau_{p,t})Pr_t, \end{aligned} \quad (2)$$

где $B_{h,t}$, $B_{h,t}^c$ – однопериодные долговые региональные и федеральные обязательства (в номинальном выражении); r_t и r_t^c – процентные ставки по этим обязательствам в номинальном выражении; $r_{i,t}^k$ – стоимость капитала в i -м секторе экономики ($i = X, M, N$); $W_{i,h,t}$ – стоимость одного часа трудовых ресурсов в номинальном выражении в i -м секторе; $I_{h,t}^R$ – реальный объем инвестиций ($I_{h,t}^R = I_{X,h,t}^R + I_{M,h,t}^R + I_{N,h,t}^R$); P_t – индекс уровня цен в регионе (индекс потребительских цен); P_t^* – аналогичный индекс уровня цен в Российской Федерации; Pr_t – реальная прибыль фирм ($Pr_t = Pr_{X,h,t}^R + Pr_{M,h,t}^R + Pr_{N,h,t}^R$); $\tau_{c,t}$, $\tau_{h,t}$, $\tau_{k,t}$, $\tau_{p,t}$ – эффективные ставки¹ искажающих налогов: налога на добавленную стоимость (косвенного налога на потребителя), налога с дохода физических лиц, налога на капитал (налог на имущество и налоги от продажи акций) и налога с прибыли соответственно. В бюджетном ограничении (2) функция $\Phi(A_t)$ характеризует премию за риск владения федеральными ценными бумагами, при этом $A_t = \frac{B_{h,t}^c}{P_t}$.

Накопление капитала рикардианскими домохозяйствами, владеющими финансовыми активами, в каждом i -м секторе происходит с учетом издержек по трансформации инвестиций в капитал, т. е. издержками на введение нового капитала. Уравнение накопления капитала имеет вид

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

где δ – норма амортизации. Предполагает-

¹ Ставки, по которым реально собираются налоги, или отношение поступлений к налогооблагаемой базе. Именно они важны с экономической точки зрения.

ся, что функция трансформации $f' > 0, f'' \leq 0, f'(\delta) = 1, f(\delta) = \delta$.

Нерикардрианские домохозяйства потребляют весь свой получаемый в текущем периоде доход $C_{h,t}^N$. Бюджетное ограничение для этого типа домохозяйств имеет вид

$$(1 + \tau_{c,t})C_{h,t}^N = \sum_{i=X,M,N} \left(\frac{(1 - \tau_{h,t})W_{i,h,t}}{P_t} N_{i,h,t}^N \right). \quad (4)$$

Функция полезности для домашних хозяйств, имеющих активы, $U(C_{h,t}^R) \equiv (C_{h,t}^R)^{1-\sigma} / (1-\sigma)$, а функция досуга $V(N_{h,t}^R) \equiv (N_{h,t}^R)^{1+\phi} / (1+\phi)$, где σ – параметр, обратный эластичности межвременного замещения, ϕ – параметр, обратный эластичности предложения труда. Предполагается, что уровень рабочих часов одинаков у обеих групп домохозяйств: $N_{h,t}^R = N_{h,t}^N = N_{h,t}$.

Кроме того, домашние хозяйства являются монополистами на рынке предложения трудовых услуг и определяют желаемый уровень заработной платы. Предполагается жесткость заработной платы по типу Calvo [16], и каждому домохозяйству разрешено на начало периода t с вероятностью $(1 - \phi_i^W)$ изменять желаемый уровень заработной платы $\tilde{W}_{i,h,t}$ ($i = X, M, N$). В случае отсутствия такой возможности новый уровень заработной платы индексируется с учетом региональной инфляции с вероятностью ϕ_i^W . Для определения $\tilde{W}_{i,h,t}$ для каждого сектора $i = X, M, N$ домохозяйство решает следующую задачу максимизации:

$$\max_{\tilde{W}_{i,h,t+l}} E_0 \left[\sum_{l=0}^{\infty} (\beta \phi_i^W)^l \left(\begin{array}{l} U(C_{h,t+l}) - \\ -V(N_{i,h,t+l}) + \lambda_{t+l} \pi^l (1 - \tau_{h,t}) \\ \tilde{W}_{i,h,t+l} N_{i,h,t+l} / P_{t+l} \end{array} \right) \right], \quad (5)$$

по отношению к $N_{i,h,t+l}$, где λ_{t+l} – множитель Лагранжа, π – стационарный уровень инфляции в регионе.

Агрегированное совокупное потребление обоих типов домохозяйств $C_t = (1 - \lambda)C_{h,t}^R + \lambda C_{h,t}^N$, капитал $K_t = (1 - \lambda)K_{i,h,t}$, инвестиции $I_t = (1 - \lambda)I_{i,h,t}$, $Pr_t = (1 - \lambda)Pr_{i,h,t}$, количество отработанных часов

$N_t = (1 - \lambda)N_{i,h,t}^R + \lambda N_{i,h,t}^N$. При этом $N_{h,t} = N_{X,h,t}^{(1+\zeta)/\zeta} + N_{M,h,t}^{(1+\xi)/\xi} + N_{N,h,t}^{(1+\xi)/\xi}$, где параметр предпочтения $\xi > 0$.

2. Сырьевой сектор экономики.

Производство в этом секторе моделируется с учетом важности использования природных ресурсов в экономике Свердловской области. Этот сектор представлен репрезентативной фирмой, использующей агрегированный (в объеме сектора) капитал $K_{X,t}$, труд $N_{X,t}$ и природные ресурсы L_t . Объем выпуска продукции в сырьевом секторе описывается функцией

$$Y_{X,t} = (K_{X,t})^{\alpha_X} (N_{X,t})^{\gamma_X} (L_t)^{\eta_X}, \quad (6)$$

где $\alpha_X, \gamma_X, \eta_X$ – доли соответствующих факторов производства в сырьевом секторе, в сумме равные единице. Хотя большинство природных ресурсов Свердловской области являются невозобновляемыми, изменение их количества L_t условно (в рамках модели) подчиняется авторегрессионному AR(1) уравнению

$$\text{Log}(L_t) = \rho_L \text{Log}(L_{t-1}) + \varepsilon_{L,t}, \quad (7)$$

где ρ_L – авторегрессионный коэффициент ($\rho_L \in (0,1)$), $\varepsilon_{L,t} \sim N(0, \sigma_L)$ – положительный нормально распределенный шок с нулевым средним и стандартным отклонением σ_L , означающий, в частности, открытие новых месторождений.

Предполагается, что продукт сырьевого сектора экономики распределяется между потреблением в секторах торгуемых и неторгуемых товаров домашнего региона и экспортируется в другие регионы (рис. 1).

Номинальная цена $P_{X,t}^*$ продуктов сырьевого сектора определяется экзогенно на мировом биржевом рынке, деноминируется в долларах и изменяется в соответствии с AR(1) уравнением

$$\text{Log}(P_{X,t}^*) = \rho_{P,X} \text{Log}(P_{X,t-1}^*) + \varepsilon_{P_{X,t}^*}, \quad (8)$$

Производители сырьевого продукта решают задачу условной оптимизации путем максимизации целевой функции при заданных значениях $P_{X,t}^*, r_{X,t}^k, W_{X,t}, L_t$

$$\max_{K_{X,t}, N_{X,t}, L_t} (e_t P_{X,t}^* Y_{X,t} - r_{X,t}^k K_{X,t} - W_{X,t} N_{X,t} - P_{L,t} L_t) / P_t \quad (9)$$

по отношению к объему выпуска (5). Отметим, что задача оптимизации (9) является статической, так как на рынке сырьевых товаров отсутствуют номинальные и реальные «жесткости». Из условий первого порядка определяются значения переменных

$$r_{X,t}^k = \alpha_X s_t p_{X,t}^* Y_{X,t} / K_{X,t}, \quad (10)$$

$$w_{X,t} = \gamma_X s_t p_{X,t}^* Y_{X,t} / N_{X,t}, \quad (11)$$

$$P_{L,t} = \eta_X s_t p_{X,t}^* Y_{X,t} / L_t. \quad (12)$$

В выражениях (8) – (11) e_t – номинальный обменный курс рубля к доллару, $s_t = e_t P_{f,t}^* / P_t^*$ – реальный обменный курс рубля к доллару, $p_{X,t}^* = P_{X,t}^* / P_{f,t}^*$ – реальная цена сырьевых товаров на биржевом рынке (в долларах), $P_{f,t}^*$ – уровень цен в остальном мире, определяемый экзогенно аналогично (8).

3. Сектор торгуемых товаров.

Этот сектор представлен континуальным множеством репрезентативных фирм (фирмам присваивается индекс $j \in [0,1]$). Фирмы этого сектора промежуточных товаров действуют в условиях несовершенной конкуренции. Объем выпуска продукции в этом секторе описывается функцией $Y_{M,j,t} = A_{M,t} (K_{M,j,t})^{\alpha_M} (N_{M,j,t})^{\gamma_M} (Y_{X,j,t}^M)^{\eta_M}$, $(\alpha_M + \gamma_M + \eta_M = 1)$, (13)

где $A_{M,t}$ является технологическим шоком и подчиняется уравнению

$$\text{Log}(A_{M,t}) = \rho_{A_M} \text{Log}(A_{M,t-1}) + \varepsilon_{M,t}^A. \quad (14)$$

Продукция сектора торгуемых товаров распределяется между внутренним потреблением и экспортом в другие регионы, $Y_{M,j,t} = Y_{M,j,t}^d + Y_{M,j,t}^{\text{ex}}$. Функция внешнего спроса для экспортируемых товаров

$$Y_{M,t}^{\text{ex}} = w_{\text{ex}} \left(\frac{P_{M,t}}{P_t^*} \right) Y_t^*, \quad \text{где } w_{\text{ex}} \text{ – доля потребляемых в других регионах продукции домашнего сектора товаров, } Y_t^* \text{ – экзогенно заданный суммарный объем выпуска продукции в других регионах (ВВП России), } P_t^* \text{ – индекс потребительских цен России.}$$

При моделировании экспорта предполагается, что фирмы-экспортеры приобретают однородный продукт, произведенный в домашнем регионе, разбивают его на множество брендов, которые поставляются в сторонние регионы. При этом неявно полагается, что все потребители (как домашнего, так и сторонних регионов) имеют одинаковые предпочтения для домашних товаров.

Получаемая прибыль в секторе торгуемых товаров в период $t+l$ определяется как $\text{Pr}_{M,j,t+l} = \tilde{P}_{M,j,t+l} Y_{M,j,t+l} - r_{M,t+l}^k K_{M,j,t+l} - W_{M,j,t+l} N_{M,j,t+l} - e_{t+l} P_{X,t+l}^* Y_{X,j,t+l}^M$, (15) где $Y_{X,t+l}^M$ – продукция сырьевого сектора, используемая при производстве торгуемых товаров.

Решение задачи условной межвременной оптимизации приводит к уравнениям для функций спроса на капитал, труд и сырьевые товары:

$$r_{M,t}^k = \alpha_M Y_{M,j,t} \zeta_{M,t} / K_{M,j,t}, \quad (16)$$

$$w_{M,t} = \gamma_M \zeta_{M,t} Y_{M,j,t} / N_{M,j,t}, \quad (17)$$

$$s_t p_{X,t}^* = \eta_M \zeta_{M,t} Y_{M,j,t} / Y_{X,j,t}^M, \quad (18)$$

где $\zeta_{M,t}$ – реальные предельные издержки фирм сектора торгуемых товаров.

Фирмы сектора торгуемых товаров имеют возможность самостоятельно изменять цены. Исследуемая модель предполагает номинальную жесткость цен по методу Calvo [16]. При этом каждой фирме разрешено на начало периода t с вероятностью $(1 - \phi_M^P)$ изменять уровень цен в секторе. При этом фирмы берут на себя обязательство продать любое количество продукции, на которую будет предъявлен спрос по установленной цене. В случае отсутствия возможности установления новых цен текущий уровень цен индексируется с учетом региональной инфляции с вероятностью ϕ_M^P .

Предположим, в момент t фирма получает сигнал об установлении новой цены. Она выбирает такое значение цены, которое максимизирует ожидаемый будущий поток прибылей:

$$\tilde{P}_{M,j,t} = \arg \max_{\tilde{P}_{M,j,t}} E_t \left[\sum_{l=0}^{\infty} (\beta \phi_M^p)^l \Lambda_{t,t+l} \Pi_{M,j,t+l} (\tilde{P}_{M,j,t}) \right]$$

при условии $Y_{M,j,t+l} = \left(\frac{\tilde{P}_{M,j,t}}{P_{M,t+l}} \right)^{-\theta} Y_{M,t+l}$. В выражении для оптимальной цены $\Lambda_{t,t+l}$ – стохастический дисконт – фактор номинальных доходов, а прибыль записывается в виде $\Pi_{M,j,t+l} = (\tilde{P}_{M,j,t} / P_{t+l} - \zeta_{M,t+l}) Y_{M,j,t+l}$.

Таким образом, в результате оптимизации определяется цена $\tilde{p}_{M,j,t} = \tilde{P}_{M,j,t} / P_t =$

$$= \frac{\theta E_t \left(\sum_{l=0}^{\infty} (\beta \phi_M^p)^l \Lambda_{t,t+l} \zeta_{M,t+l} (\tilde{P}_{M,j,t} / P_{M,j,t+l})^{-\theta} Y_{M,t+l} \prod_{k=1}^l \pi_{t+k}^{-\theta} \pi_{t+k}^{\theta} \right)}{\theta^{-1} E_t \left(\sum_{l=0}^{\infty} (\beta \phi_M^p)^l \Lambda_{t,t+l} (\tilde{P}_{M,j,t} / P_{M,j,t+l})^{-\theta} Y_{M,t+l} \prod_{k=1}^l \pi_{t+k}^{l(1-\theta)} \right)}$$

4. Сектор неторгуемых товаров.

Этот сектор также представлен континуальным множеством репрезентативных фирм (фирмам присваивается индекс $j \in [0,1]$). Производство в этом секторе моделируется аналогично производству в секторе торгуемых товаров за исключением того, что продукция сектора неторгуемых товаров не экспортируется в другие регионы. Объем выпуска в этом секторе описывается функцией

$$Y_{N,j,t} = A_{N,t} (K_{N,j,t})^{\alpha_N} (N_{N,j,t})^{\gamma_N} (Y_{X,j,t}^N)^{\eta_N}, \quad (\alpha_N + \gamma_N + \eta_N = 1), \quad (19)$$

где технологический фактор $\text{Log}(A_{N,t}) =$
 $= \rho_{A,N} \text{Log}(A_{N,t-1}) + \varepsilon_{N,t}^A$.

Получаемая прибыль в секторе неторгуемых товаров в период $t+l$ определяется как

$$\Pi_{N,j,t+l} = P_{N,j,t+l} Y_{N,j,t+l} - r_{N,t+l}^k K_{N,j,t+l} - W_{N,t+l} N_{N,j,t+l} - e_{t+l} P_{X,j,t+l}^* Y_{X,j,t+l}^N, \quad (20)$$

где $Y_{X,j,t+l}^N$ – продукция сырьевого сектора, используемая при производстве неторгуемых товаров.

Решение задачи условной межвременной оптимизации приводит к уравнениям для функций спроса на капитал, труд и сырьевые товары в секторе неторгуемых товаров

$$r_{N,t}^k = \alpha_N Y_{N,j,t} \zeta_{N,t} / K_{N,j,t}, \quad (21)$$

$$w_{N,t} = \gamma_N \zeta_{N,t} Y_{N,j,t} / N_{N,j,t}, \quad (22)$$

$$s_t P_{X,t}^* = \eta_N \zeta_{N,t} Y_{N,j,t} / Y_{X,j,t}^N, \quad (23)$$

где $\zeta_{N,t}$ – реальные предельные издержки фирм сектора неторгуемых товаров.

Фирмы в секторе неторгуемых товаров (аналогично фирмам сектора торгуемых товаров) действуют в условиях несовершенной конкуренции. Поэтому предполагается также номинальная жесткость цен в соответствии с подходом *Calvo*. Максимизация прибыли производителей (20) в этом секторе позволяет найти оптимальную цену $\tilde{P}_{N,j,t}$ в текущий момент времени.

5. Сектор импортируемых товаров. Фирмы ($j \in [0,1]$) домашнего региона, импортирующие товары, действуют в условиях несовершенного рынка (монополистической конкуренции). Эти фирмы покупают товар по цене $P_{F,t}^*$, устанавливая свой бренд на этот продукт и продают его на домашнем рынке по цене $P_{F,j,t}$. При этом каждый бренд этой продукции выступает в качестве несовершенного заменителя по отношению к другим брендам. Оптимальная цена в момент времени t , которую устанавливают фирмы-импортеры, определяется аналогично оптимальной цене производителей в секторах торгуемых и неторгуемых товаров. При этом номинальные предельные издержки импортеров равны $P_{F,t}^*$.

6. Сектор производства конечных товаров и услуг. Разделение рынка продукции на рынок промежуточных товаров и рынок конечных благ необходимо для определения индекса потребительских цен и объяснения источника надбавки к ценам производителей. Рынок производства конечных товаров и услуг является совершенно конкурентным. На этом рынке действует условный агрегатор (рис. 1), производящий конечные блага по технологии

$$Z_t = \left(w_M^{1/v} (Y_{M,t}^d)^{\frac{v-1}{v}} + w_N^{1/v} (Y_{N,t})^{\frac{v-1}{v}} + w_F^{1/v} (Y_{F,t})^{\frac{v-1}{v}} \right)^{\frac{v}{v-1}}, \quad (24)$$

где w_M, w_N, w_F – доли продукции соответствующих секторов для потребления в домашнем регионе в объеме выпуска конеч-

ного продукта, ν – эластичность замещения между продукцией этих секторов в конечном продукте. Отметим, что в конечные блага Z_t не входит экспортируемая из домашнего в другие регионы продукция из сырьевого и сектора торгуемых товаров (рис. 1).

Агрегатор решает задачу оптимизации своей прибыли путем максимизации целевой функции при заданных ценах

$$\max_{Y_{M,t}, Y_{N,t}, Y_{F,t}} (P_t Z_t - P_{F,t} Y_{F,t} - P_{M,t} Y_{M,t}^d - P_{N,t} Y_{N,t}) \quad (25)$$

по отношению к (24). Решение задачи оптимизации определяет функции спроса для продукции соответствующих секторов

$$Y_{F,t} = w_F \left(\frac{P_{F,t}}{P_t} \right)^{-\nu} Z_t, \quad Y_{M,t}^d = w_M \left(\frac{P_{M,t}}{P_t} \right)^{-\nu} Z_t, \\ Y_{N,t} = w_N \left(\frac{P_{N,t}}{P_t} \right)^{-\nu} Z_t, \quad (26)$$

где цена $P_t = (w_F P_{F,t}^{1-\nu} + w_M P_{M,t}^{1-\nu} + w_N P_{N,t}^{1-\nu})^{\frac{1}{1-\nu}}$ является индексом потребительских цен. Конечный продукт региона определяется суммой потребления, инвестиций во все секторы и региональных расходов $Z_t = C_t + I_t + G_t$.

7. Региональное правительство.

Реальный баланс бюджета регионального правительства с учетом того, что налог на добавленную стоимость полностью, а налог на прибыль частично поступают в федеральный бюджет, определяется как

$$G_t + \frac{B_{t-1}}{P_t} = \sum_{i=X,M,N} (\tau_{h,t} \frac{W_{i,t} N_{i,t}}{P_t} + \tau_{k,t} r_{i,t}^k K_{i,t}^R) + \\ + 0.85 \tau_{p,t} P p_t + \frac{B_t}{(1+r_t) P_t}. \quad (27)$$

Кроме того, в ограничении (27) не учитываются межбюджетные федеральные и региональные трансферты. С одной стороны, нас интересуют в анализе фискальной политики только искажающие налоги, с другой – отсутствие трансфертов не влияет на общность результатов.

В исследуемой модели анализируется следующее бюджетное правило для расходов регионального правительства:

$$\ln\left(\frac{G_t}{G}\right) = \rho_g \ln\left(\frac{G_{t-1}}{G}\right) + (1-\rho_g) \mu_{gy} \ln\left(\frac{y_{t-1}}{y}\right) + \\ + \varepsilon_{g,t} + corr - \varepsilon_{g,gc} \varepsilon_{gc,t}, \varepsilon_{g,t} \sim N(0, \sigma_g^2), \quad (28)$$

т. е. рассматривается бюджетное правило с обратной связью между расходами и ВРП¹. Значимость этой связи характеризуется коэффициентом μ_{gy} . Корреляция между шоками региональных и государственных расходов учитывается параметром $corr - \varepsilon_{g,gc}$. Переменные G, y являются долгосрочными детерминированными значениями соответствующих эндогенных переменных.

Фискальные правила для эффективных налоговых ставок определяются как правила с обратной связью между ставками и отношением долговых обязательств федерального центра к ВВП:

$$\ln\left(\frac{\tau_{h,t}}{\tau_h}\right) = \rho_{\tau h} \ln\left(\frac{\tau_{h,t-1}}{\tau_h}\right) + \\ + (1-\rho_{\tau h}) \ln\left(\frac{B_t^c / P_t}{y_{t-1}^c / y^c}\right) + \varepsilon_{\tau h,t}, \varepsilon_{\tau h,t} \sim N(0, \sigma_{\tau h}^2), \quad (29)$$

$$\ln\left(\frac{\tau_{k,t}}{\tau_k}\right) = \rho_{\tau k} \ln\left(\frac{\tau_{k,t-1}}{\tau_k}\right) + \\ + (1-\rho_{\tau k}) \ln\left(\frac{B_t^c / P_t}{y_{t-1}^c / y^c}\right) + \varepsilon_{\tau k,t}, \varepsilon_{\tau k,t} \sim N(0, \sigma_{\tau k}^2), \quad (30)$$

$$\ln\left(\frac{\tau_{c,t}}{\tau_c}\right) = \rho_{\tau c} \ln\left(\frac{\tau_{c,t-1}}{\tau_c}\right) + \\ + (1-\rho_{\tau c}) \ln\left(\frac{B_t^c / P_t}{y_{t-1}^c / y^c}\right) + \varepsilon_{\tau c,t}, \varepsilon_{\tau c,t} \sim N(0, \sigma_{\tau c}^2), \quad (31)$$

$$\ln\left(\frac{\tau_{p,t}}{\tau_p}\right) = \rho_{\tau p} \ln\left(\frac{\tau_{p,t-1}}{\tau_p}\right) + \\ + (1-\rho_{\tau p}) \ln\left(\frac{B_t^c / P_t}{y_{t-1}^c / y^c}\right) + \varepsilon_{\tau p,t}, \varepsilon_{\tau p,t} \sim N(0, \sigma_{\tau p}^2). \quad (32)$$

¹ Кроме этого правила в модели рассматривалось правило с экзогенной зависимостью в виде AR(1) и правило с обратной связью между региональными расходами и долговыми обязательствами. Но модель с бюджетным правилом (28) наиболее адекватно отвечает эмпирическим данным.

8. Федеральное правительство и Центральный банк Российской Федерации. Реальный баланс бюджета Правительства Российской Федерации определяется как

$$G_t^c + \frac{B_{t-1}^c}{P_t^*} = \tau_c(C_t + G_t) + \frac{B_t^c}{(1+r_t^c)P_t^*} + 0.15\tau_{p,t}Pr_t. \quad (33)$$

Бюджетное правило для государственных расходов, анализируемое в модели, имеет тот же вид, что и правило для региональных расходов (28).

Отметим, что на данный момент отсутствует единая точка зрения относительно монетарного правила ЦБ РФ [17]. В работе [18] подчеркивается, что эффективным монетарным инструментом Банка России является правило Тейлора [19] для процентной ставки. Поэтому в предлагаемой публикации монетарная политика ЦБ моделируется именно в такой форме:

$$\ln\left(\frac{R_t^c}{R^c}\right) = \omega_{rc} \ln\left(\frac{R_{t-1}^c}{R^c}\right) + \left(\frac{1-\omega_r}{R^c}\right) \left[\omega_{\pi c} \ln\left(\frac{\pi_t^c}{\pi}\right) + \omega_{yc} \left(\ln\left(\frac{y_t^c}{y_{t-1}^c}\right) \right) \right] + \varepsilon_t^{rc}, \varepsilon_t^{rc} \sim N(0, \sigma_{rc}^2), \quad (34)$$

где $R_t^c = 1 + r_t^c$, $\omega_{rc}, \omega_{\pi c}, \omega_{yc}$ – весовые коэффициенты в правиле Тейлора, π_t^c, y_t^c – уровень инфляции и объем выпуска в российской экономике. Эти переменные являются экзогенными и изменяются в соответствии с авторегрессионными уравнениями $AR(1)$.

Идея общего равновесия заключается в том, что каждый из вышеописанных агентов в модели предлагает свой условный план величины спроса и предложения на продукты и ресурсы, который зависит от цен на эти продукты и ресурсы. В процессе взаимодействия агентов их планы согласовываются так, чтобы выполнялись включенные в модель материальные и финансовые системные балансовые соотношения.

В предположении симметричности равновесия планы и решения для всех домашних хозяйств и фирм являются одинаковыми. Таким образом, $C_{h,t} = C_t, B_{ht} = B_t,$

$$B_{h,t}^c = B_t^c, I_{i,h,t} = I_{i,t}, N_{i,h,t} = N_{i,j,t} = N_{i,t}, K_{i,h,t} = K_{i,j,t} = K_{i,t}, Tr_{h,t}^c = Tr_t^c$$

$$\tilde{W}_{i,h,t} = \tilde{W}_{i,t}, Y_{i,j,t} = Y_{i,t}, P_{\tau,j,t} = P_{\tau,t}, \tilde{P}_{\tau,j,t} = \tilde{P}_{\tau,t},$$

$$Y_{X,j,t}^M = Y_{X,t}^M, Y_{X,j,t}^N = Y_{X,t}^N, \Pi p_{h,t} = \Pi p_t, Tr_{h,t} = Tr_t$$

при всех значениях $h \in [0,1], j \in [0,1], i = M, N, X$ и $\tau = M, N, F$. В общем равновесии стационарные детерминированные значения $B = B^c = Tr = Tr^c = 0$ (условие расчищения рынков). Региональный валовой продукт составляет $Y_t = p_{M,t} Y_{M,t}^d +$

$$+ p_{N,t} Y_{N,t} + p_{M,t}^* Y_{M,t}^{ex} + s_t p_{X,t}^* (Y_{X,t} - Y_{X,t}^N - Y_{X,t}^M),$$

$$\text{где } p_{M,t} = \frac{P_{M,t}}{P_t}, p_{N,t} = \frac{P_{N,t}}{P_t}, p_{M,t}^* = \frac{P_{M,t}}{P_t^*}, p_{X,t}^* = \frac{P_{X,t}}{P_t^*}.$$

В выражении для ВРП два первых слагаемых определяют продукцию, потребляемую в домашнем регионе, два последних – продукцию, экспортируемую в другие регионы.

Для нахождения решения вышеприведенной системы уравнений необходимо оценить параметры модели. Для этого система уравнений приводилась к логлинеаризованному виду относительно соответствующих устойчивых стационарных детерминированных состояний. Реализация модели и нахождение решений осуществлялись в математическом пакете Matlab.

Оценка параметров DSGE-модели экономики Свердловской области

Оценка параметров модели осуществлялась с помощью байесовской эконометрики [20–22]. При этом использовались статистические данные для экономики Свердловской области и экономики России. Согласно теореме Байеса апостериорная функция $p(\mathcal{G} | Y_T)$ плотности вероятности вектора параметров модели \mathcal{G} имеет вид
$$p(\mathcal{G} | Y_T) = \frac{p(Y_T | \mathcal{G}) * p(\mathcal{G})}{p(Y_T)} = \frac{p(Y_T | \mathcal{G}) * p(\mathcal{G})}{\int p(Y_T | \mathcal{G}) * p(\mathcal{G}) d\mathcal{G}}, \quad (35)$$

где T – длина временного ряда, $p(Y_T | \mathcal{G})$ – функция правдоподобия, $p(\mathcal{G})$ – априорная функция плотности вероятности вектора параметров модели, Y_T – вектор наблюдаемых переменных. Функция $p(Y_T)$ – функция маргинального правдоподобия.

Параметризация исследуемой модели производилась на статистических данных экономики Свердловской области и России. При этом использовались временные ряды квартальных данных с 2003 по 2015 гг. по следующим переменным¹: валовой региональный продукт Свердловской области, валовой внутренний продукт РФ, конечное потребление домашних хозяйств региона, конечное потребление домашних хозяйств РФ, средняя заработная плата в регионе², уровень общей инфляции в РФ, уровень потребительских цен в регионе, объемы выпуска в сырьевом секторе (добыча полезных ископаемых), секторе торгуемых товаров и в секторе неторгуемых товаров. При этом сектор торгуемых товаров включал в себя сельскохозяйственное производство и различные отрасли промышленности. Сектор неторгуемых товаров включал в себя производство и транспортировку электроэнергии, газа и воды, строительство, оптовую и розничную торговлю, транспорт и связь, финансы, страхование и недвижимость, государственное управление, образование и здравоохранение, социальные и другие услуги. Данный выбор обусловлен тем, что именно эти составляющие секторов вносят значительный вклад в ВРП и ВВП. Из исследуемых временных рядов удалялась сезонная составляющая. После этого из логарифмированных временных рядов с помощью фильтра Ходрика – Прескотта удалялась трендовая составляющая. Циклические компоненты, полученные после этих трансформаций временных рядов, можно трактовать как отклонения переменных от долгосрочного равновесия.

Часть параметров модели принимала фиксированные значения. Норма амортизации капитала принималась равной $\delta = 0,025$. Параметр $\lambda = 0,5$. Коэффициент дисконтирования $\beta = 0,99$ [8]. Предельные налоговые ставки $\tau_h = 0,13$, $\tau_p = 0,2$, $\tau_k = 0,18$, $\tau_c = 0,18$.

¹ Источником данных являются официальные сайты Росстата и ЦБ РФ.

² Все вышеперечисленные переменные представлены на душу населения в постоянных ценах первого квартала 2003 г.

Параметры производственных функций всех секторов принимались равными аналогичным параметрам для экономики России исходя из того, что структура экономики Свердловской области усредненно подобна структуре экономики России. В работе [23] эти параметры рассчитывались на основе таблиц «затраты – выпуск». Аналогичные соображения принимались во внимание при калибровке параметров w_M, w_N, w_F, w_{ex} .

Таким образом, оцененная на статистических данных Свердловской области региональная DSGE-модель может быть использована для анализа экономической политики, в частности фискальной региональной политики.

Обсуждение результатов моделирования

Следует отметить, что в докризисный период (2008 г.) разработчиков и исследователей DSGE-моделей интересовал в основном анализ монетарной политики, так как многие экономисты считали, что фискальная политика непригодна в качестве контрциклического инструмента. Непреходящий интерес к исследованию фискальной политики возник в посткризисный период и продолжается в настоящее время. Поэтому представляет интерес анализ некоторых аспектов региональной фискальной политики с помощью разработанной DSGE-модели.

Анализ фискальных мультипликаторов. Для количественной оценки эффектов бюджетной политики использовались мультипликаторы региональных расходов и эффективных налоговых ставок. Данные показатели рассчитывались на основе функций импульсного отклика исследуемой модели. Мультипликатор расходов рассчитывался как кумулятивный усредненный рост объема выпуска в трех секторах региональной экономики с первого по четвертый квартал после увеличения расходов в отношении к величине, на которую были увеличены региональные расходы. Соответственно, мультипликаторы налоговых ставок рассчитывались как кумулятивный усредненный рост объемов

выпуска после уменьшения доходов бюджета (вследствие уменьшения эффективных налоговых ставок) в отношении к величине, на которую изначально были уменьшены региональные доходы.

На рис. 2–4 изображены функции импульсного отклика объемов выпуска в секторах торгуемых (y_m), неторгуемых товаров (y_n) и сырьевом (x) на одномоментные положительные шоки¹ региональных расходов (e_g) и отрицательные

шоки эффективных ставок налогов на доход физических лиц (e_{τ_h}), на прибыль (e_{τ_P}), на потребление (e_{τ_c}) и капитал (e_{τ_k}). Размер шоков равен одному стандартному отклонению. Параметр $\lambda = 0,5$. Временной горизонт равен тридцати кварталам. По вертикальной оси отложены процентные отклонения переменных от стационарного состояния.

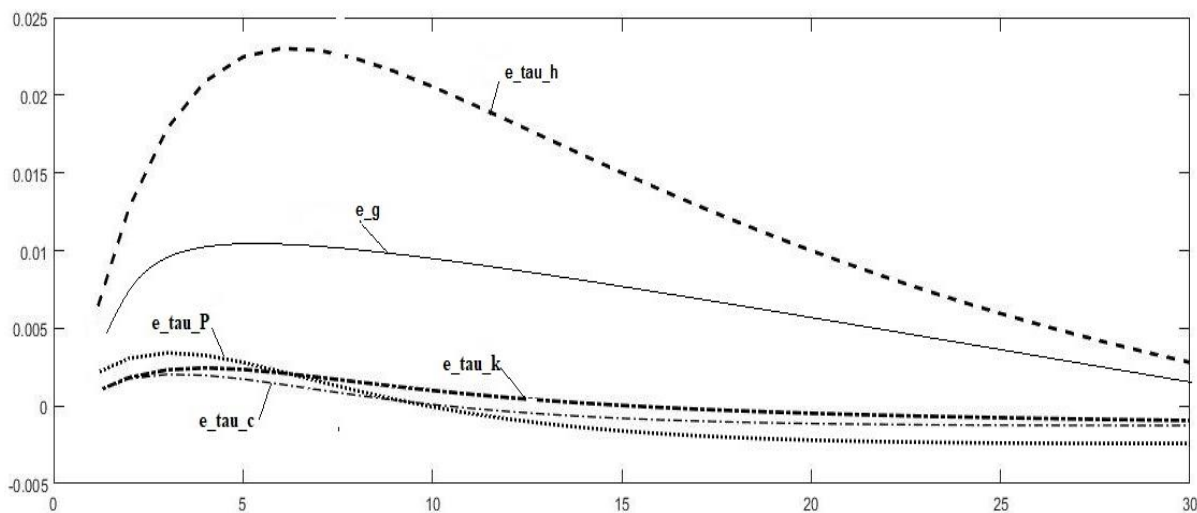


Рис. 2. Функции импульсного отклика объема выпуска в секторе торгуемых товаров (y_m) на шок региональных расходов и шоки эффективных налоговых ставок*

* В рис. 2–4 используются обозначения: e_g — шок региональных расходов, e_{τ_h} — шок эффективных ставок налогов на доход физических лиц, e_{τ_P} — шок эффективных ставок налогов на прибыль, e_{τ_c} — шок эффективных ставок налогов на потребление, e_{τ_k} — шок эффективных ставок налогов на капитал.

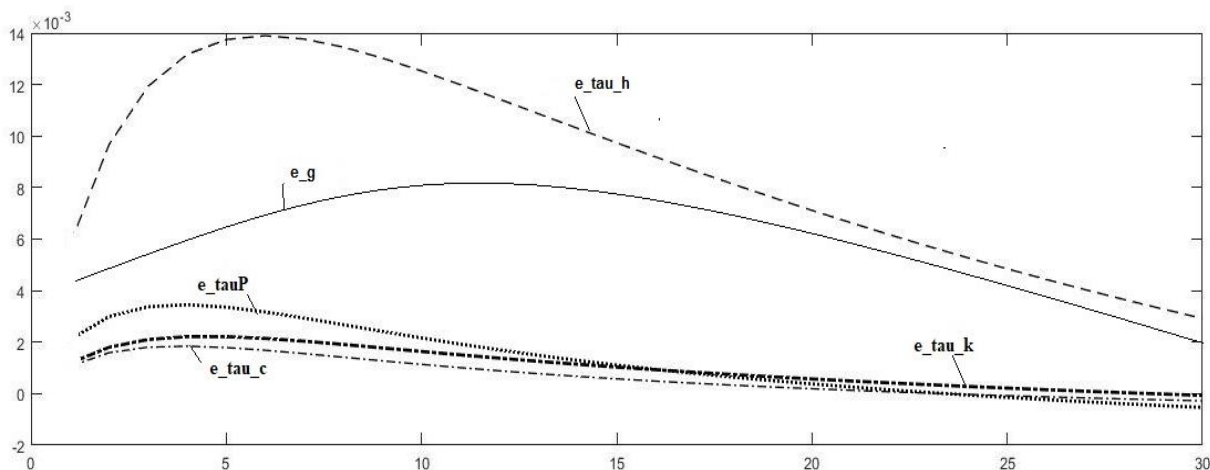


Рис. 3. Функции импульсного отклика объема выпуска в секторе неторгуемых товаров (y_n) на шок региональных расходов и шоки эффективных налоговых ставок

¹ Одномоментные шоки происходили в первый квартал.

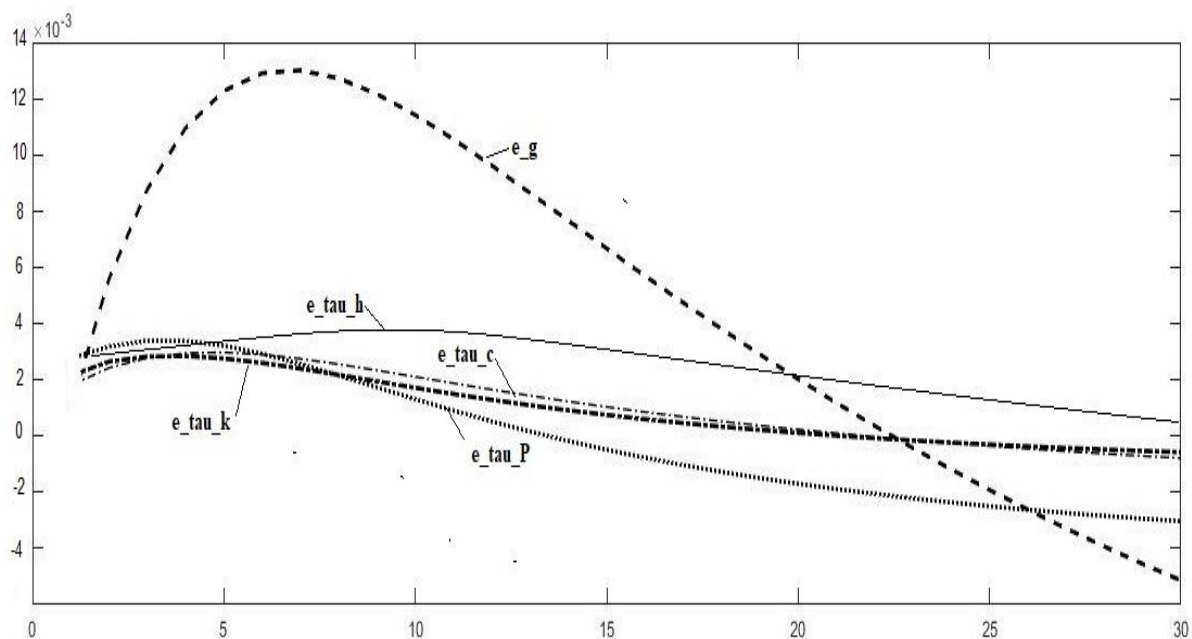


Рис. 4. Функции импульсного отклика объема выпуска в сырьевом секторе (x) на шок региональных расходов и шоки эффективных налоговых ставок

Из анализа функций импульсного отклика следует, что наибольший рост объемов выпуска в секторе торгуемых товаров и секторе неторгуемых товаров происходит в результате одномоментных отрицательных шоков эффективной ставки налога на доход физических лиц. При этом наибольший кумулятивный (в течение четырех периодов) рост объема выпуска после этих шоков наблюдается в секторе торгуемых товаров (рис. 2). Одномоментный рост объемов выпуска в секторе торгуемых товаров и секторе неторгуемых товаров примерно одинаков. В сырьевом секторе наибольший рост объема выпуска происходит в результате одномоментного положительного шока региональных расходов. Кумулятивный и одномоментный рост объема выпуска в сырьевом секторе значительно меньше роста объема выпуска в двух других секторах.

Из шоков эффективных налоговых ставок, как отмечалось выше, наибольшее влияние на рост объема выпуска во всех секторах региональной экономики оказывает шок ставки налога на доход физических лиц. Влияние шоков других налогов менее заметно. При этом одномоментный рост объема выпуска в сырьевом секторе для всех шоков эффективных налоговых ставок и для шока расходов примерно

одинаков и меньше аналогичного роста в двух других секторах. Хотя кумулятивный рост объема выпуска в этом секторе в результате шока расходов значительно больше такового для шоков налоговых ставок. Заметим также, что кумулятивный рост объема выпуска в течение четырех кварталов в сырьевом секторе для шоков ставок подоходного налога и налога на прибыль примерно одинаков. Кумулятивный рост объема выпуска в этом секторе за более длительный период (от четырех и более кварталов) в результате шока ставки подоходного налога намного превышает аналогичный рост для шока ставки налога на прибыль.

По данным анализа функций импульсного отклика были произведены количественные оценки фискальных мультипликаторов¹. Данные анализа приведены в таблице. Из этих данных следует, что все мультипликаторы меньше единицы. При этом максимальное значение имеет мультипликатор эффективной ставки налога на доход физических лиц для объ-

¹ Так как для оценки фискальных мультипликаторов размер шоков должен быть равен 1% от объема выпуска в соответствующем секторе экономики, то функции импульсного отклика на рис. 2-4 пересчитывались на эту величину шоков.

ема выпуска в секторе торгуемых товаров – 0,62 (т. е. при уменьшении региональных доходов на 1% от объема выпуска в секторе торгуемых товаров реальный рост объема выпуска в этом секторе по итогам четырех кварталов составит 0,62%). Таким образом, анализ мультипликаторов показывает, что снижение налога на доход физических лиц для стимулирования объ-

ема выпуска в краткосрочном периоде во всех секторах, кроме сырьевого, может быть более мощным фискальным инструментом по сравнению с повышением региональных расходов. В сырьевом секторе более предпочтительным фискальным инструментом является повышение региональных расходов.

Фискальные мультипликаторы (период с первого по четвертый квартал)

Фискальные инструменты	Сектор торгуемых товаров (уп)	Сектор неторгуемых товаров (уп)	Сырьевой сектор (х)
Региональные расходы (увеличение)	0,31	0,27	0,28
Налоговая ставка на доход физических лиц (уменьшение)	0,62	0,46	0,11
Налоговая ставка на потребление (уменьшение)	0,11	0,08	0,07
Налоговая ставка на прибыль (уменьшение)	0,14	0,12	0,09
Налоговая ставка на капитал (уменьшение)	0,08	0,07	0,06

Историческая декомпозиция вариаций эндогенных переменных. Также одним из мощных инструментов анализа влияния шоков на переменные в DSGE-моделях является историческая (временная) декомпозиция вариации (дисперсий) эндогенных переменных, позволяющая оценить вклад в динамику региональных переменных внешних и внутренних экономических факторов в период до и после кризиса 2008 г. Ввиду того что рассматриваемая модель содержит значительное количество шоков (13 шоков), для облегчения визуализации (но с некоторой потерей экономической интерпретации) все шоки разбиты на четыре группы. Первая группа содержит шоки предложения – технологические шоки, ценовой шок на сырьевые товары, шок на использование природных ресурсов $\varepsilon_{M,t}^A, \varepsilon_{N,t}^A, \varepsilon_{P_{X,t}}, \varepsilon_{L,t}$. Вторая группа состоит из одного шока спроса – региональных расходов $\varepsilon_{g,t}$. Третья группа содержит внешние по отношению к рассматриваемому региону шоки – инфляционный шок, шок объема выпуска в российской экономике¹, шок монетарной по-

литики (шок процентной ставки), шок госрасходов. Наконец, четвертая группа – группа фискальных шоков $\varepsilon_{th,t}, \varepsilon_{tc,t}, \varepsilon_{tk,t}, \varepsilon_{tp,t}$, ответственных за формирование доходов регионального бюджета. Отметим, что шоки первой, второй и четвертой групп однонаправленные, а внешние шоки (третья группа) разнонаправленные.

Разложение вариаций региональных объемов выпуска в различных секторах экономики Свердловской области приведено на рис. 5–7. Сплошная линия на рисунках представляет динамику рассматриваемой фактической переменной в процентном отклонении от значения в первом квартале 2003 г., а столбчатая диаграмма – вклад группы шоков. Из приведенных данных следует, что во время кризиса 2008–2010 гг. основная роль в спаде реального объема выпуска в секторе торгуемых товаров (рис. 5) принадлежала шокам предложения, связанным с резким снижением цен на металлы, и фискальным шокам. Эти шоки ответственны примерно за 25% спада реального объема выпуска в рассматриваемом секторе.

¹ Эти шоки неявно присутствуют в правиле Тейлора (36).

Свердловская область, как субъект с металлургической специализацией экономики, одна из первых пострадала от падения цен на мировом рынке на экспортируемую продукцию. Наряду с этим, в период экономического кризиса снижались доходы консолидированного бюджета области, и за первые три квартала 2009 г. они составляли 87,1% к уровню аналогичного периода 2008 г. Меньшая, но существенная доля по сравнению с фискальными и шоками предложения в разложении вариаций региональных объемов выпуска принадлежала отрицательному шоку спроса (шок региональных расходов). Это связано с тем, что в период кризиса региональные расходы составляли 95,4% к аналогичному уровню 2008 г.¹ В большей степени шок региональных расходов влияет на потребление домохозяйств². Незначительная роль в спаде реального объема выпуска в секторе торгуемых товаров в период кризиса принадлежала внешним по отношению к рассматриваемому региону шокам. Из внешних шоков основную роль играли разнонаправленные шоки процентной ставки и объема выпуска в национальной экономике. Отметим также, что в докризисный период 2008 г. рост объема выпуска в рассматриваемом секторе в основном вызывался шоками предложения.

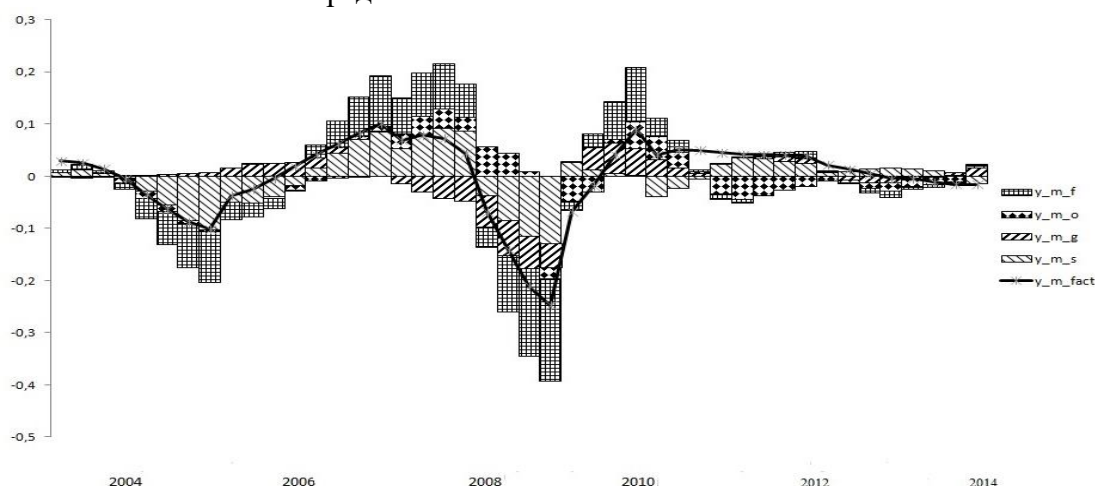


Рис. 5. Временная декомпозиция вариации реального объема выпуска в секторе торгуемых товаров (процентное отклонение)*

* Используются обозначения: y_{m_s} – шоки предложения; y_{m_g} – шок региональных расходов; y_{m_o} – внешние (федеральные) шоки; y_{m_f} – фискальные шоки; $y_{m_{fact}}$ – динамика фактической переменной y_m .

¹ Максимов М.И. Кризис и регион: Свердловская область // Научно-образовательный портал IQ [Электронный ресурс]. URL: <https://iq.hse.ru/news/177674868.html> (дата обращения: 23.01.2019).

² Ввиду ограниченного формата публикации разложение вариаций совокупного потребления домашних хозяйств не приводится.

В спаде реального объема выпуска в секторе неторгуемых товаров (рис. 6) роль внешних шоков возрастает, и их доля приближается к доле шоков предложения. Отметим, что начиная декабря с 2008 г. ставка рефинансирования ЦБ снижалась. Доля шока региональных расходов, напротив, меньше, чем для объема выпуска в секторе торгуемых товаров. Все эти группы шоков ответственны за 30% спад объема выпуска в рассматриваемом секторе экономики. В докризисный период рост объема выпуска в секторе неторгуемых товаров так же, как и в секторе торгуемых товаров, обеспечивался в основном шоками предложения и частично внешними шоками.

В сырьевом секторе (рис. 7) главенствующая роль как во время спада, так и во время подъема принадлежала шокам предложения (снижению и повышению биржевых цен на металлы). Роль остальных шоков незначительна.

Отметим также, что разложение вариаций эндогенных региональных переменных по отдельным шокам (не по группам) может изменить и уточнить некоторые выводы. В частности, выводы по влиянию внешних разнонаправленных шоков на поведение исследуемых переменных.

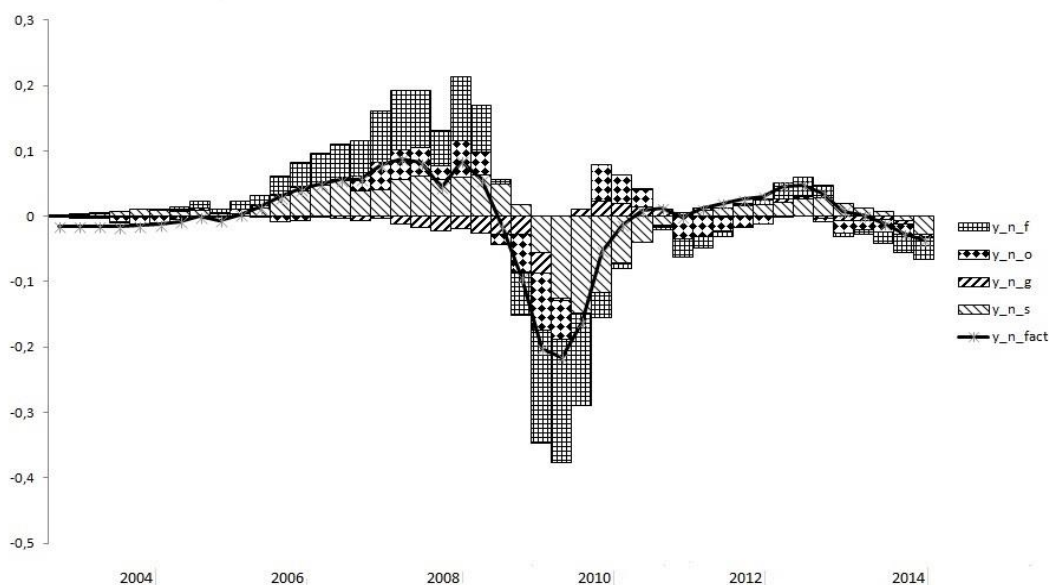


Рис. 6. Временная декомпозиция вариации реального объема выпуска в секторе неторгуемых товаров (процентное отклонение)*

* Используются обозначения: y_{n_s} – шоки предложения; y_{n_g} – шок региональных расходов; y_{n_o} – внешние (федеральные) шоки; y_{n_f} – фискальные шоки; $y_{n_{fact}}$ – динамика фактической переменной y_n .

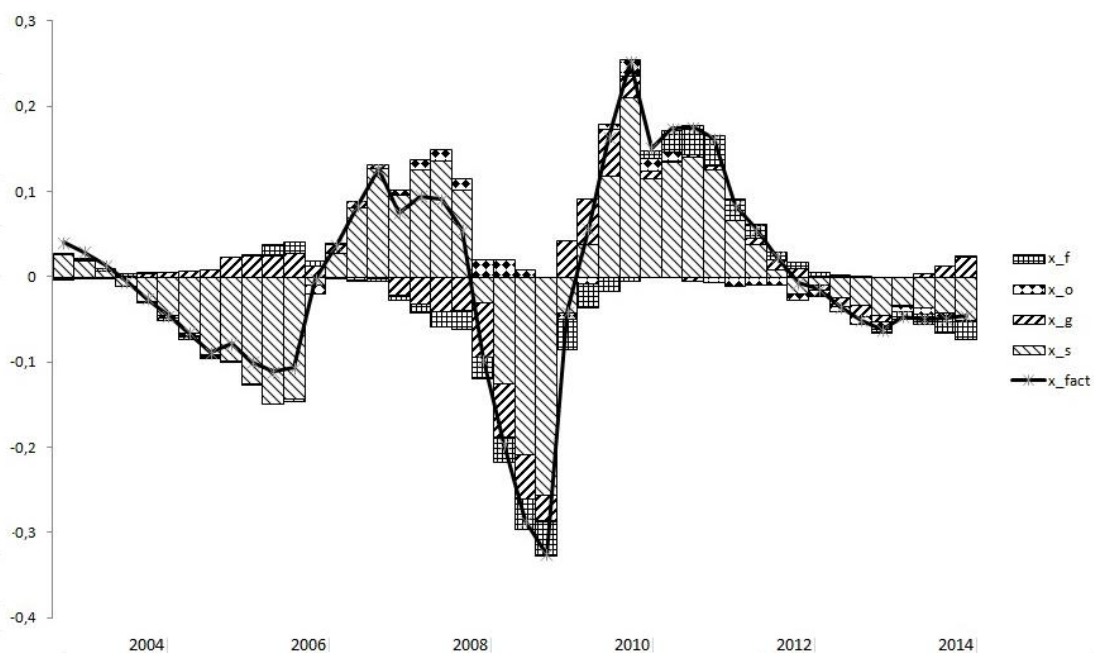


Рис. 7. Временная декомпозиция вариации реального объема выпуска в сырьевом секторе (процентное отклонение)*

* Используются обозначения: x_s – шоки предложения; x_g – шок региональных расходов; x_o – внешние (федеральные) шоки; x_f – фискальные шоки; x_{fact} – динамика фактической переменной x .

Таким образом, анализ функций импульсного отклика и фискальных мультипликаторов позволяет оценить влияние фискальных шоков региональных расходов и налоговых ставок на объемы выпуска в исследуемых секторах экономики Свердловской области. Полученные результаты имеют важное значение для снижения веро-

ятности возникновения кризисных явлений в региональной экономике. Результаты временной декомпозиции рассмотренных эндогенных переменных позволяют сделать вывод о том, что деловой цикл в рассматриваемом регионе и анализируемом периоде в большей мере обусловлен факторами предложения.

Заключение

Представленная в данной публикации динамическая стохастическая модель отражает структуру реального сектора экономики Свердловской области. При разработке модели применялся подход общего равновесия. Параметризация модели осуществлялась на эмпирических статистических данных экономики Свердловской области при использовании байесовской эконометрики. Для количественной оценки эффектов бюджетной политики использовались мультипликаторы региональных расходов и эффективных налоговых ставок. Данные показатели рассчитывались на основе функций импульсного отклика исследуемой модели. Из анализа функций импульсного отклика следует, что наибольший рост объемов выпуска в секторах торгуемых и неторгуемых товаров происходит в результате одномоментных отрицательных шоков эффективной ставки налога на доход физических лиц. В сырьевом секторе наибольший рост объема выпуска происходит в результате одномоментного положительного шока региональных расходов. Результаты временной декомпозиции объемов выпуска в рассматриваемых секторах

экономики Свердловской области позволяют сделать вывод о том, что деловой цикл в рассматриваемом регионе и анализируемом периоде в большей мере обусловлен факторами предложения, а не факторами, действующими со стороны спроса. Полученные результаты являются оригинальными и могут использоваться для анализа приоритетов региональной экономической политики и снижения вероятности возникновения кризисных явлений в региональной социально-экономической системе.

Данная публикация является мотивационным фактором для будущих исследований. В частности, экспорт продукции в другие регионы описывается в модели как экзогенный процесс. Учет эндогенности этого процесса может несколько изменить причинно-следственные связи между переменными модели. Кроме того, экономические агенты модели являются репрезентативными. Ослабление этого допущения, т. е. учет гетерогенности экономических агентов, также может изменить полученные результаты. Моделирование такой региональной экономики является интересной темой для дальнейших исследований в области пространственного развития.

Благодарности

Статья подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭ УрО РАН на 2019–2021 гг.

Список литературы

1. *Adolfson M.* Monetary policy with incomplete exchange rate pass-through // *Journal of International Money and Finance*. 2007. Vol. 26, Iss. 3. P. 468–494.
2. *Gali J., Gertler M.* Macroeconomic modeling for monetary policy evaluation // *Journal of Economic Perspectives*. 2007. Vol. 21, № 4. P. 25–46.
3. *Sugo T., Ueda K.* Estimating a dynamic stochastic general equilibrium model for Japan // *Journal of the Japanese and International Economies*. 2008. Vol. 22, Iss. 4. P. 476–502.
4. *Малаховская О.А.* Использование моделей DSGE для прогнозирования: есть ли перспектива // *Вопросы экономики*. 2016. № 12. С. 129–146.
5. *Иващенко С.М.* Многосекторная модель динамического стохастического общего экономического равновесия российской экономики // *Вестник С.-Петербург. ун-та. Экономика*. 2016. № 3. С. 176–202.
6. *Duarte M., Wolman A.L.* Fiscal policy and regional inflation in a currency Union // *Journal of International Economics*. 2008. Vol. 74, Iss. 2. P. 384–401.
7. *Tamegawa K.* Constructing a Small – Region DSGE Model // *Hindawi Publishing Corporation ISRN Economics*. 2013. Vol. 2013. P. 1–9.

8. Серков Л.А. Анализ влияния структурных шоков на эндогенные переменные компактной региональной динамической модели // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2018. Том 17, № 3. С. 445–470. doi: 10.15826/vestnik.2018.17.3.020.
9. Dib A. Welfare effects of commodity price and exchange rate volatilities in a multi-sector small open economy model // Bank of Canada Working Paper. 2008. № 8. 53 p.
10. Sargent T., Wallace N. Rational expectation and the theory of economic policy // Journal of Monetary Economics. 1976. Vol. 2, Iss. 2. P. 169–183.
11. Muth J.F. Rational expectations and the theory of price movements // Econometrica. 1961. Vol 29, № 3. P. 315–335.
12. Klein P. Using the generalized Schur form to solve a multivariate linear rational expectations model // Journal of Economic Dynamics and Control. 2000. Vol. 24. P.1405–1423.
13. Kim J. Constructing and estimating a realistic optimizing model of monetary policy // Journal of Monetary Economics. 2000. Vol. 45, Iss. 2. P. 329–359.
14. Smets F., Wouters R. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area // Journal of the European Economic Association. 2003. Vol. 1, Iss. 5. P. 1123–1175.
15. Ireland P.N. Sticky price models of the business cycle: specification and stability // Journal of Monetary Economics. 2001. Vol. 47. P. 3–18.
16. Calvo G. Staggered prices in a utility maximizing framework // Journal of Monetary Economics. 1983. Vol 12, Iss. 3. P. 383–398.
17. Шульгин А.Г. Сколько правил монетарной политики необходимо при оценке DSGE-модели для России? // Прикладная эконометрика. 2014. № 36 (4). С. 3–31.
18. Федорова Е.А., Лысенкова А.В. Моделирование правила Тейлора для денежно-кредитной политики Банка России: эмпирический анализ // Финансы и кредит. 2013. № 37 (565). С. 10–17.
19. Taylor J.B. Discretion versus policy rules in practice // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. 1993. Vol. 39. P. 195–214.
20. Fernandez-Villaverde J., Rubio-Ramirez J. Comparing dynamic equilibrium models to data: A Bayesian approach // Journal of Econometrics. 2004. Vol. 123, Iss. 1. P. 153–187.
21. Geweke J. Using simulation methods for Bayesian econometric models: Inference // Econometric Reviews. 1999. Vol. 18, Iss. 1. P. 1–73.
22. Del Negro M., Schorfheide F. Forming priors for DSGE models (and how it affects the assessment of nominal rigidities) // Journal of Monetary Economics. 2008. Vol. 55, Iss. 7. P. 1191–1208.
23. Semko R. Optimal economic policy and oil price shocks in Russia // Economics Education and Research Consortium. Working Paper. 2013. № 13/03E. P. 1–53.

Статья поступила в редакцию 14.04.2019, принята к печати 29.05.2019

Сведения об авторе

Серков Леонид Александрович – кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук (Россия, 620014, г. Екатеринбург, Московская, 29; e-mail: dsge2012@mail.ru).

Acknowledgements

The article has been written according to the Plan of Research and Development of the Institute of Economics, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2019–2021.

References

1. Adolfson M. Monetary policy with incomplete exchange rate pass-through. *Journal of International Money and Finance*, 2007, vol. 26, iss. 3, pp. 468–494.
2. Gali J., Gertler M. Macroeconomic modeling for monetary policy evaluation. *Journal of Economic Perspectives*, 2007, vol. 21, no. 4, pp. 25–46.

3. Sugo T., Ueda K. Estimating a dynamic stochastic general equilibrium model for Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 2008, vol. 22, iss. 4, pp. 476–502.
4. Malakhovskaya O.A. Ispol'zovanie modelei DSGE dlya prognozirovaniya: est' li perspektiva [DSGE-based forecasting: What should our perspective be?]. *Voprosy ekonomiki* [Voprosy Ekonomiki], 2016, no. 12, pp. 129–146. (In Russian).
5. Ivashchenko S.M. Mnogosekturnaya model' dinamicheskogo stokhasticheskogo obshchego ekonomicheskogo ravnovesiya rossiiskoi ekonomiki [Multiple sector DSGE model of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika* [St. Petersburg University Journal of Economic Studies], 2016, no. 3, pp. 176–202. (In Russian).
6. Duarte M., Wolman A.L. Fiscal policy and regional inflation in a currency union. *Journal of international Economics*, 2008, vol. 74, iss. 2, pp. 384–401.
7. Tamegawa K. Constructing a small – region DSGE model. *Hindawi Publishing Corporation ISRN Economics*, 2013, vol. 2013, pp. 1–9.
8. Serkov L.A. Analiz vliyaniya strukturnykh shokov na endogennye peremennye kompaktnoi regional'noi dinamicheskoi modeli [Analysis of the effects of structural shocks on the endogenous variables of a compact regional dynamic model]. *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management], 2018, vol. 17, no. 3, pp. 445–470. (In Russian). doi: 10.15826/vestnik.2018.17.3.020.
9. Dib A. Welfare effects of commodity price and exchange rate volatilities in a multi-sector small open economy model. *Bank of Canada Working Paper*, 2008, no. 8. 53p.
10. Sargent T., Wallace N. Rational expectation and the theory of economic policy. *Journal of Monetary Economics*, 1976, vol. 2, iss. 2, pp. 169–183.
11. Muth J.F. Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica*, 1961, vol. 29, no. 3, pp. 315–335.
12. Klein P. Using the generalized Schur form to solve a multivariate linear rational expectations model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2000, vol. 24, pp. 1405–1423.
13. Kim J. Constructing and estimating a realistic optimizing model of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 2000, vol. 45, iss. 2, pp. 329–359.
14. Smets F., Wouters R. An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 2003, vol. 1, iss. 5, pp. 1123–1175.
15. Ireland P.N. Sticky price models of the business cycle: Specification and stability. *Journal of Monetary Economics*, 2001, vol. 47, pp. 3–18.
16. Calvo G. Staggered prices in a utility maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 1983, vol. 12, iss. 3, pp. 383–398.
17. Shul'gin A.G. Skol'ko pravil monetarnoi politiki neobkhodimo pri otsenke DSGE – modeli dlya Rossii? [How many rules of monetary policy do we need when assessing DSGE models for Russia?]. *Prikladnaya ekonometrika* [Applied Econometrics], 2014, no. 36 (4), pp. 3–31. (In Russian).
18. Fedorova E.A., Lysenkova A.V. Modelirovanie pravila Teilora dlya denezhno – kreditnoi politiki Banka Rossii: empiricheskii analiz [Modeling Taylor rule for monetary policy of the Bank of Russia: Empirical analysis]. *Finansy i kredit* [Finance and Credit], 2013, no. 37 (565), pp. 10–17. (In Russian).
19. Taylor J.B. Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1993, vol. 39, pp. 195–214.
20. Fernandez-Villaverde J., Rubio-Ramirez J. Comparing dynamic equilibrium models to data: a Bayesian approach. *Journal of Econometrics*, 2004, vol. 123, iss. 1, pp. 153–187.
21. Geweke J. Using simulation methods for Bayesian econometric models: Inference, development, and communication. *Econometric Reviews*, 1999, vol. 18, iss. 1, pp. 1–73.
22. Del Negro M., Schorfheide F. Forming priors for DSGE models (and how it affects the assessment of normal rigidities). *Journal of Monetary Economics*, 2008, vol. 55, iss. 7, pp. 1191–1208.
23. Semko R. Optimal economic policy and oil price shocks in Russia. *Economics Education and Research Consortium. Working Paper*, 2013, no 13/03E, pp. 1–53.

Received April 14, 2019; accepted May 29, 2019

Information about the Author

Serkov Leonid Aleksandrovich – Candidate of Physical and Mathematical Science, Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Economics, the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moscow st., Ekaterinburg, 620014, Russia; e-mail: dsge2012@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Серков Л.А. Региональная динамическая стохастическая модель общего равновесия как инструмент анализа фискальной политики // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2019. Том 14. № 2. С. 248–267. doi: 10.17072/1994-9960-2019-2-248-267

Please cite this article in English as:

Serkov L.A. Regional dynamic stochastic general equilibrium model as a tool for analysis of fiscal policy. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 248–267. doi: 10.17072/1994-9960-2019-2-248-267
