

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИРОВЫХ ЦЕН НА УГЛЕВОДОРОДЫ НА РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ НА ОСНОВЕ DSGE-МОДЕЛИ С ФИРМАМИ-СОБСТВЕННИКАМИ КАПИТАЛА¹

БАЛУТА Виктор Иванович, к.т.н., vbaluta@yandex.ru, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова; Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-4399-0943; РИНЦ: 1843-3885

ШУЛЬЦ Дмитрий Николаевич, к.э.н., shults@inbox.ru, Центр экономики инфраструктуры, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-5131-4216; РИНЦ: 7785-4819

ЛАВРИНЕНКО Петр Александрович, к.э.н., lavrik3x@mail.ru, Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия
ORCID: 0000-0001-5570-8258; РИНЦ 878174

В работе представлены результаты исследований с использованием DSGE-модели, включающей такие сектора экономики, как предприятия реального сектора, домашние хозяйства, финансовые посредники, денежный регулятор. В свою очередь, сектор домашних хозяйств представлен группами сберегателей и заемщиков. Финансовые посредники трансформируют временно свободные средства домашних хозяйств в кредиты предприятиям реального сектора, и в этом звене могут возникать финансовые клинья, препятствующие перетоку капитала. В производственном секторе выделяются добывающие производства, для которых уровень добычи задается экзогенно, чтобы адекватно отразить влияние соглашения ОПЕК+.

Особенностью предлагаемой модели является firm-specific capital-подход, предполагающий, что владельцами основного капитала являются фирмы, которые и принимают решения об инвестировании. На наш взгляд, этот малоизученный класс DSGE-моделей больше соответствует российским реалиям, чем традиционные модели общего равновесия.

Ключевые слова: DSGE-модель, секторы экономики, домашние хозяйства, предприятия, финансовые посредники, исследование чувствительности.

DOI: 10.47711/0868-6351-190-147-161

В последней нашей работе [1] представлена усовершенствованная динамическая стохастическая модель общего равновесия (DSGE-модель) экономики России, предыдущая версия которой описана ранее в публикациях [2; 3]. Исходная модель отражает функционирование и взаимодействие ключевых секторов экономики: домашних хозяйств, реального сектора, внешнего мира и включает центральный банк, проводящий политику инфляционного таргетирования.

В последней версии введены следующие дополнения. Прежде всего, в блоке реального сектора выделен добывающий сектор и учтены инвестиции. В известных нам QPM-моделях (моделях ежеквартальных прогнозов), используемых центральными банками при разработке денежно-кредитной политики, инвестиции в основной капитал, как правило, не учитываются. В то же время для развивающихся стран это очень важная компонента ВВП, определяющая перспективы долгосрочного экономического роста. Более того, это и наиболее волатильная компонента ВВП, чувствительная к ставке процента, инфляции, валютным рискам, активности финансовой системы. Поэтому, на наш взгляд, в прикладных

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 21-78-10134, <https://rscf.ru/project/21-78-10134/>
Авторы выражают признательность за ценные замечания и предложения Е. Вихаревой, А. Полбину, А. Вогинову, Р. Демихову.

моделях, в том числе используемых денежными регуляторами, необходимо выделять этот фактор – инвестиции в основной капитал – в явном виде.

В качестве одного из значимых источников инвестиций в модели рассматривается сектор домашних хозяйств, но, в отличие от традиционных зарубежных подходов, предложено по-новому рассматривать их роль в этой сфере в силу специфики сложившихся в нашей стране условий. Предположение, что домашние хозяйства владеют факторами производства и принимают решения об инвестициях, используется в большинстве известных нам динамических стохастических моделей общего равновесия. Однако, в используемой обычно прямой постановке эта предпосылка представляется адекватной лишь западным экономикам, где домашние хозяйства действительно массово владеют ценными бумагами компаний и активно участвуют в деятельности фондового рынка. При этом для учета указанного фактора проводится разделение домашних хозяйств на две группы: рикардянские и нерикардянские. Первые имеют доступ к финансовым рынкам, и соответственно, не испытывают ограничений при заимствованиях и сбережениях. Вторые же живут «от зарплаты до зарплаты» и не имеют доступа к займам.

Несмотря на активную инвестиционную роль домашних хозяйств, даже на Западе большинство хозяйственных и инвестиционных решений принимают менеджеры компаний. Этот аспект исследуется в FSC-классе (firm-specific capital) DSGE-моделей [4-6], предполагающих, что решение об инвестициях принимается фирмами. Если в традиционных DSGE-моделях предполагается, что домашние хозяйства непосредственно инвестируют в основные фонды реального сектора, то при FSC-подходе в модель в явном виде включаются финансовые посредники. С их помощью происходит трансформация временно свободных средств (сбережений) домашних хозяйств в кредиты реальному сектору и инвестиции.

В [1] подчеркивается, что наиболее распространенный на сегодняшний день подход (то есть деление на рикардянские и нерикардянские домохозяйства) не совсем адекватен отечественной специфике. С одной стороны, в нашей экономике практически отсутствует непосредственное участие домохозяйств в активной инвестиционной деятельности. С другой стороны, наименее платежеспособная часть населения все равно имеет доступ к займам в банковских и небанковских кредитных организациях, а значительная их часть склонна формировать сбережения даже при низком уровне доходов за счет существенного снижения собственного потребления. Для учета этих обстоятельств в модели предлагается разделение домашних хозяйств также на две группы, но с несколько другими характеристиками, чем при традиционном рассмотрении, для чего предложено ввести группы сберегателей и заемщиков, нуждающихся в роли посредников на фондовом рынке, что позволяет опереться на малоизученные FSC-подходы.

Такое разбиение преследует еще одну цель. Как известно, разные типы домашних хозяйств имеют разную склонность к потреблению, разную эластичность предложения труда по заработной плате. Соответственно, меры фискальной и монетарной политики влияют на разные типы домашних хозяйств с разной силой. Представляется, что этот аспект, то есть разное влияние экономической политики на разные группы населения важно учитывать в контексте проблемы неравенства и бедности. Предложенное разделение домашних хозяйств можно рассматривать и как технический прием, позволяющий отразить в модели то, что сектор домашних хозяйств одновременно и сберегает, и занимает. Еще одной характерной чертой предлагаемой модели является то, что инерционность потребления домашних хозяйств выводится из модели поведения домашних хозяйств, а не постулируется «ad hoc».

Как и в исходной версии [2], для акцента именно на обозначенных аспектах модель рассматривается без явного выделения бюджетного сектора. Влияние бюджетных расходов учитывается неявным образом через шоки совокупного спроса. Заметим, что поскольку в данной версии модели бюджетный сектор не выделен, в ней не учитываются дифференциация налогообложения и социальные трансферты.

Кроме того, в последней версии модели добавлен блок финансовых посредников, роль которых сводится к привлечению временно свободных средств хозяйств-сберегателей и предоставлению кредитов реальному сектору и хозяйствам-заемщикам. В кризисные периоды они могут выполнять и некоторую демпфирующую функцию в экономике, когда государственные меры по стимулированию кредитования реального сектора не срабатывают. Последнее обстоятельство связано с тем, что, хотя Центральные банки предоставляют ликвидность коммерческим банкам под льготные процентные ставки, эти средства зачастую не трансформируются в кредиты реальному сектору, поскольку банки перестраховываются от рисков невозврата кредитов. В результате у банков накапливаются ликвидные активы, в том числе валютные, но роста кредитования предприятий не происходит. Чтобы учесть возможность возникновения подобных финансовых клиньев, в модели выделяется банковский сектор в явном виде.

Система линеаризованных уравнений. Подробное изложение всех аспектов формирования системы уравнений новой версии модели дано в [1], поэтому здесь приводится только базовая система уравнений.

Для краткости записи оператора рациональных ожиданий мы используем опережения. То есть запись x_{t+1} в уравнениях, приводимых ниже, означает использование оператора рациональных ожиданий $E[x_{t+1}]$. Также верхним знаком тильда ($\tilde{}$) здесь и ниже обозначено отклонение соответствующей переменной от своего равновесного уровня.

Уравнение для потребления домохозяйств-сберегателей имеет вид:

$$\tilde{C}_{R,t} = \frac{1}{1+h_R} \tilde{C}_{R,t+1} + \frac{h_R}{1+h_R} \tilde{C}_{R,t-1} - \frac{1-h_R}{\sigma(1+h_R)} (\tilde{RD}_t - \tilde{\pi}_{t+1}). \quad (1)$$

В этом уравнении приняты следующие обозначения: $C_{R,t}$ – потребление товаров и услуг хозяйствами-сберегателями; $0 < h_R < 1$ – степень инерционности потребительских предпочтений сберегателей; σ – норма межвременного замещения потребления (эластичность потребления по реальной ставке процента в 0 и 0 при отсутствии инерции потребления); RD_t – доходность активов (вкладов) в национальной валюте; π_t – потребительская инфляция.

Аналогично для заемщиков:

$$\tilde{C}_{N,t} = \frac{1}{1+h_N} \tilde{C}_{N,t+1} + \frac{h_N}{1+h_N} \tilde{C}_{N,t-1} - \frac{1-h_N}{\sigma(1+h_N)} (\tilde{RC}_t - \tilde{\pi}_{t+1}), \quad (2)$$

где $C_{N,t}$ – потребление домохозяйств-заемщиков; $0 < h_N < 1$ – степень инерционности потребления домохозяйств-заемщиков; RC_t – процентная ставка по потребительским кредитам.

Переменные-агрегаты, записанные через процентные отклонения, представляют собой среднюю взвешенную от процентных отклонений своих компонент. Например, процентное отклонение от своего равновесного значения для суммарного потребления домашних хозяйств есть средневзвешенная величина процентных отклонений потребления сберегателей и потребления заемщиков:

$$\tilde{C}_t = w_R \tilde{C}_{R,t} + (1-w_R) \tilde{C}_{N,t}, \quad (3)$$

где $0 < w_R < 1$ – доля домохозяйств-сберегателей.

Совокупное потребление разделяется на потребление отечественных $\tilde{C}_{H,t}$ и импортных $\tilde{C}_{F,t}$ товаров:

$$\tilde{C}_{H,t} = \tilde{C}_t + \theta \delta_F tot_t \quad (4)$$

$$\tilde{C}_{F,t} = \tilde{C}_t - \theta rer_t, \quad (5)$$

где параметр $0 < \delta_F < 1$ отражает долю импортных товаров в потребительской корзине; θ – эластичность замещения между отечественными и импортными товарами; tot_t и rer_t – условия торговли и реальный обменный курс, связанные уравнением:

$$rer_t = (1 - \delta_F)tot_t. \quad (6)$$

Предложение труда для двух типов домашних хозяйств $\tilde{L}_{R,t}$ и $\tilde{L}_{N,t}$ задается уравнениями:

$$\varphi_R \cdot \tilde{L}_{R,t} = \tilde{w}_t - \frac{\sigma}{1 - h_R} (\tilde{C}_{R,t} - h_R \tilde{C}_{R,t-1}), \quad (7)$$

$$\varphi_N \cdot \tilde{L}_{N,t} = \tilde{w}_t - \frac{\sigma}{1 - h_N} (\tilde{C}_{N,t} - h_N \tilde{C}_{N,t-1}), \quad (8)$$

где w_t – реальная заработная плата; φ_R и φ_N – параметр, обратный эластичности предложения труда по реальной заработной плате, для сберегателей и заемщиков.

Суммарное предложение труда \tilde{L}_t :

$$\tilde{L}_t = w_R \tilde{L}_{R,t} + (1 - w_R) \tilde{L}_{N,t}. \quad (9)$$

Совокупное производство в отраслях экономики без учета сектора добычи описывается функцией Кобба-Дугласа²:

$$\tilde{Y}_{H,t} = \tilde{A}_t + \alpha \tilde{K}_t + (1 - \alpha) \tilde{L}_{H,t}, \quad (10)$$

где $Y_{H,t}$ – объем производства (добавленной стоимости) отечественных производств, кроме добычи полезных ископаемых; A_t – совокупная факторная производительность; K_t – объем основных фондов; $L_{H,t}$ – занятость; $0 < \alpha < 1$ – эластичность выпуска по капиталу.

Динамика капитала задается уравнением:

$$\tilde{K}_t = (1 - \mu) \tilde{K}_{t-1} + \mu \tilde{I}_{H,t-1}, \quad (11)$$

где $0 < \mu < 1$ – норма амортизации основного капитала; $I_{H,t}$ – инвестиции в основной капитал, которые, в свою очередь, описываются уравнением:

$$\begin{aligned} \tilde{I}_{H,t} = & \frac{\tilde{I}_{H,t-1}}{1 + \beta(1 + \pi^T)} + \frac{\beta(1 + \pi^T) \tilde{I}_{H,t+1}}{1 + \beta(1 + \pi^T)} + \frac{(1 - \frac{\chi}{2}) \tilde{Q}1_{t+1}}{\chi(1 + \beta(1 + \pi^T))} - \\ & - \frac{\tilde{Q}2_t - \tilde{\pi}_{H,t+1} + \tilde{p}_{I,t}}{\chi(1 + \beta(1 + \pi^T))} + \varepsilon_t^I, \end{aligned} \quad (12)$$

где $0 < \beta < 1$ – норма дисконтирования; π^T – целевой уровень инфляции; χ – степень инерционности инвестиций; $Q1_t$ и $Q2_t$ – теневые цены капитала и банковских кредитов соответственно (множители Лагранжа); $\pi_{H,t}$ – индекс цен производителей; $p_{I,t}$ – относительные цены инвестиционных товаров; ε_t^I – шок инвестиционного спроса.

Теневые цены капитала и банковских кредитов определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}1_t = & (1 - \beta(1 + \pi^T - \mu)) \left(\tilde{Y}_{H,t} - \tilde{K}_t - \frac{ee}{1 - ee} \tilde{p}_{oil,t} \right) + \\ & + (1 + \pi^T - \mu) \beta (\tilde{Q}1_{t+1} + \tilde{\pi}_{H,t+1}), \end{aligned} \quad (13)$$

$$\tilde{Q}2_t = (1 - \beta) \tilde{R} \tilde{K}_t + \beta \tilde{Q}2_{t+1}, \quad (14)$$

где ee – энергоемкость ВВП; $p_{oil,t}$ – относительные цены энергоресурсов; RK_t – банковский процент для предприятий реального сектора.

Относительные цены описываются уравнениями:

² Говоря формально, мы используем производственную функцию вложенную (nested) вида $Y_{H,t} = \min\{A_t K_t^\alpha L_{H,t}^{1-\alpha}; \frac{1}{ee} EE_t\}$, где EE_t – внутреннее потребление энергоресурсов, ee – коэффициент энергоемкости. Как известно, условием равновесия для производителя при технологии производства со взаимодополняющими факторами (производственной функцией Леонтьева) являются минимальные объемы затрат по каждому из дополняющих факторов производства. То есть оптимум производителя есть $Y_{H,t} = A_t K_t^\alpha L_{H,t}^{1-\alpha} = \frac{1}{ee} EE_t$. Первое равенство есть обычная функция Кобба-Дугласа, вариант которой в отклонениях представлен выражением **Ошибка! Источник ссылки не найден.** Второе равенство связывает внутреннее (промежуточное) потребление энергоресурсов с производственной активностью недобывающих отраслей экономики.

$$\tilde{p}_{I,t} = \rho_F \tilde{p}_{I,t-1} + (1 - \rho_F) tot_t, \quad (15)$$

$$\tilde{p}_{oil,t} = \rho_F \tilde{p}_{oil,t-1} + (1 - \rho_F) (\tilde{P}_{oil,t}^W + tot_t), \quad (16)$$

где $0 < \rho_F < 1$ – инерционность внутренних цен. $\tilde{P}_{oil,t}^W$ – отклонение мировых цен на нефть от своих равновесных уровней.

Параметр ρ_F в уравнении для внутренних цен на энергоресурсы отражает, например действие нефтяного демпфера, обратного акциза. Для упрощения в уравнениях (15) и (16) используется один и тот же параметр ρ_F . При практическом применении, конечно же, он должен быть оценен для каждого уравнения отдельно.

В модели предполагается, что фирмы функционируют в условиях монополистической конкуренции и негибких цен. Также в модели предполагается, что инфляционные ожидания производителей закорены на целевом уровне потребительской инфляции. Тогда неокейнсианское уравнение для инфляции цен производителей имеет вид:

$$\tilde{\pi}_{H,t} = \rho_\pi \tilde{\pi}_{H,t-1} + (1 - \rho_\pi) \beta \tilde{\pi}_{H,t+1} + \kappa \cdot \tilde{m}\tilde{c}r_t + \varepsilon_t^\pi, \quad (17)$$

где $0 < \rho_\pi < 1$ – степень инерции инфляции цен производителей; κ – параметр Кальво, связывающий предельные издержки и инфляцию; ε_t^π – случайные шоки внутренних цен.

Реальные предельные издержки определяются уравнением:

$$\tilde{m}\tilde{c}r_t = (1 - ee)(\alpha(\tilde{R}\tilde{K}_t - \tilde{\pi}_{H,t+1}) + (1 - \alpha)\tilde{w}_{H,t} - \tilde{A}_t) + ee\tilde{p}_{oil,t}, \quad (18)$$

где $w_{H,t}$ – реальные заработные платы в ненефтяном секторе. Примечательно, что предельные издержки включают ставку процента. Таким образом, модель содержит канал издержек: ставка процента может положительно влиять на инфляцию.

Динамика инфляции цен на импортные товары задается условием единой цены:

$$\tilde{\pi}_{F,t} = \Delta rer_t + \tilde{\pi}_t. \quad (19)$$

Потребительская инфляция представляет собой средневзвешенную инфляцию цен отечественных и импортных товаров:

$$\tilde{\pi}_t = (1 - \delta_F)\tilde{\pi}_{H,t} + \delta_F \cdot \tilde{\pi}_{F,t}. \quad (20)$$

В рамках политики инфляционного таргетирования ключевая ставка R_t Центрального банка устанавливается на основе уравнения Тейлора:

$$\tilde{R}_t = (1 - \rho_R)(q_\pi \tilde{\pi}_t + q_y(\tilde{Y}_t - \tilde{A}_t)) + \rho_R \tilde{R}_{t-1} + \varepsilon_t^R, \quad (21)$$

где $0 < \rho_R < 1$ – инерционность денежно-кредитной политики; $q_\pi > 1$ и $q_y > 0$ – параметры чувствительности процентной политики к инфляции и разрыву выпуска; ε_t^R – случайный шок процентной ставки.

Кредитные и депозитные ставки определяются на основе ключевой ставки R_t :

$$\tilde{R}\tilde{C}_t = (1 - w_B)\tilde{R}_t + v_{K,t}, \quad (22)$$

$$\tilde{R}\tilde{K}_t = (1 - w_B)\tilde{R}_t + v_{K,t}, \quad (23)$$

$$\tilde{R}\tilde{D}_t = (1 + w_B)\tilde{R}_t - v_{D,t}, \quad (24)$$

где $v_{K,t}$ и $v_{D,t}$ – шоки предельных издержек, кредитных и депозитных, банковской деятельности; а $0 < w_B < 1$ – доля предельных издержек в структуре издержек финансовых посредников (для упрощения, одинаковая для разных банковских операций).

Равновесный обменный курс рассчитываем, как средневзвешенный из курса, балансирующего торговый баланс, и уравнения процентного арбитража (UIP) с инерцией на валютном рынке:

$$rer_t = w_{tb} \left\{ (1 - \delta_F) \frac{w_{Eoil}(\tilde{E}_{oil,t} + \tilde{p}_{oil,t}) + (1 - w_{Eoil})\tilde{Y}_t^W - w_{CF}\tilde{C}_{F,t} - (1 - w_{CF})(\tilde{I}_t + \tilde{p}_{I,t})}{w_{CF} - (1 - w_{Eoil})\vartheta} \right\} + (1 - w_{tb}) \{ (1 - \rho_{rer})rer_{t+1} + \rho_{rer}rer_{t-1} + \tilde{R}_t^W - (\tilde{R}\tilde{D}_t - \tilde{\pi}_{t+1}) \} + \varepsilon_t^{rer} \quad (25)$$

где $0 < w_{tb} < 1$ – доля торгового баланса в платежном балансе; $0 < w_{Eoil} < 1$ – доля экспорта энергоресурсов в экспорте; $0 < w_{CF} < 1$ – доля потребительского импорта в импорте; $0 < \rho_{rer} < 1$ – инерционность реального обменного курса; \tilde{R}_t^W , $\tilde{\epsilon}_t^{rer}$, \tilde{Y}_t^W – шоки мировой процентной ставки, валютного курса, внешнего спроса; $\tilde{E}_{oil,t}$ – физический экспорт энергоресурсов (в процентном отклонении).

Мы исходим из того, что в среднесрочном периоде добыча углеводородов – экзогенная величина, определяемая соглашением ОПЕК+, разработанными месторождениями и пропускными мощностями транспортной системы. Соответственно, отклонение физического объема добычи $\tilde{X}_{oil,t}$ уровня среднесрочного равновесия – случайный авторегрессионный процесс. Чтобы связать объем добычи и занятость в добывающем секторе, определим производственную функцию для добывающих отраслей в виде функции Кобба-Дугласа:

$$\tilde{X}_{oil,t} = \tilde{A}_t + (1 - \alpha_{oil})\tilde{L}_{oil,t}, \quad (26)$$

где $X_{oil,t}$ – добыча энергоресурсов; $0 < \alpha_{oil} < 1$ – эластичность добычи по занятости в отрасли $L_{oil,t}$.

Тогда спрос на труд $L_{oil,t}$ в добывающих отраслях определяется условием равенства предельного продукта труда реальной заработной плате:

$$\tilde{w}_{oil,t} + \delta_{Ftot} = \tilde{A}_t + \tilde{X}_{oil,t} - \tilde{L}_{oil,t} + \tilde{p}_{oil,t}, \quad (27)$$

где $w_{oil,t}$ – реальная заработная плата в добывающих отраслях.

Также в рассматриваемом среднесрочном периоде основные фонды в добывающем секторе считаются заданными, а инвестиции осуществляются только для поддержания уровня добычи. Соответственно, их отклонения от равновесия равны нулю и далее нами не учитываются. И только в случае роста добычи нужен более существенный объем инвестиций для поддержания работы оборудования в сверхнормативных режимах, расконсервации месторождений и т.д.:

$$\tilde{I}_{oil,t} = h_{oil}\tilde{X}_{oil,t}, \quad (28)$$

где $h_{oil} > 0$ – коэффициент капиталоемкости производства (добычи) энергоресурсов.

Часть добытых энергоресурсов потребляется внутри страны и, будучи промежуточными потреблением, не входит в ВВП. Оставшаяся часть идет на экспорт и является компонентой ВВП. Внутреннее потребление энергоресурсов прямо пропорционально ВВП. Для упрощения предполагается, что мировой рынок энергоресурсов может поглотить любой объем добычи, возможный в стране. Тогда экспортируемый объем (в процентном отклонении от равновесия) составляет:

$$\tilde{E}_{oil,t} = \frac{1}{1 - \omega_{oil}}\tilde{X}_{oil,t} - \frac{\omega_{oil}}{1 - \omega_{oil}}\tilde{Y}_{H,t}, \quad (29)$$

где $0 < \omega_{oil} < 1$ – доля добычи энергоресурсов, в среднем потребляемая внутри страны.

Уравнение для экспорта в целом – средневзвешенное от экспорта энергоресурсов и неэнергетических товаров:

$$\tilde{E}_t = (1 - w_{Eoil})(\vartheta tot_t + \tilde{Y}_t^W) + w_{Eoil}\tilde{E}_{oil,t}, \quad (30)$$

где $\vartheta > 0$ – эластичность внешнего спроса по цене.

Совокупный спрос на продукцию недобывающих отраслей:

$$\tilde{Y}_{H,t} = w_{CH}\tilde{C}_{H,t} + w_E(1 - w_{Eoil})(\vartheta tot_t + \tilde{Y}_t^W) + \tilde{A}\tilde{D}_t, \quad (31)$$

где $\tilde{A}\tilde{D}_t$ – шок автономного спроса; w_{CH} и w_E – веса в ВВП для потребления домашних хозяйств и экспорта.

Разрыв выпуска со стороны спроса (функция совокупного спроса):

$$\tilde{Y}_t = w_{CH}\tilde{C}_{H,t} + w_E\tilde{E}_t + \tilde{A}\tilde{D}_t. \quad (32)$$

Суммарные инвестиции:

$$\tilde{I}_t = \omega_{oil}\tilde{I}_{oil,t} + (1 - \omega_{oil})\tilde{I}_{H,t}. \quad (33)$$

Агрегированная занятость в экономике:

$$\tilde{L}_t = \omega_{oil}\tilde{L}_{oil,t} + (1 - \omega_{oil})\tilde{L}_{H,t}. \quad (34)$$

Средняя заработная плата в экономике:

$$\tilde{w}_t = \omega_{oil} \tilde{w}_{oil,t} + (1 - \omega_{oil}) \tilde{w}_{H,t}. \quad (35)$$

Таким образом, построенная модель содержит 35 линеаризованных уравнений для такого же числа эндогенных переменных.

В модели используется 12 экзогенных переменных, являющихся источниками шоков и описываемых авторегрессионными процессами первого порядка (в скобках указан коэффициент при авторегрессоре):

\tilde{A}_t – совокупная факторная производительность (0,3);

\tilde{AD}_t – автономный внутренний спрос (0,85);

ε_t^I – шок инвестиций (0,75);

$\tilde{X}_{oil,t}$ – добыча топливных ресурсов (0,51);

$\tilde{P}_{oil,t}^W$ – мировые цены на энергоресурсы (0,76);

\tilde{R}_t^W – внешняя процентная ставка (0,9);

\tilde{Y}_t^W – внешний спрос (0,86);

$v_{D,t}$ – предельные издержки привлечения депозитов (0,7);

$v_{K,t}$ – предельные издержки кредитования (0,7);

ε_t^R – шок процентной политики Центрального банка (0,1);

ε_t^π – шок внутренних цен (0,23);

ε_t^{rer} – шок обменного курса (0,57).

Исходные данные модели. В предыдущей работе [1], где описывается данная модель, проведено исследование устойчивости и чувствительности модели к варьированию ключевых параметров, в ходе которого было показано, что в ряде случаев использование в расчетах оценок, полученных другими исследователями, может оказаться недостаточно корректным. Тем не менее, остановимся на имеющихся вариантах задания исходных данных модели.

Рассмотрим коэффициенты реального сектора:

Эластичность выпуска по капиталу (α) может быть откалибрована через долю прибыли в ВВП. За вычетом налогов, которые в модели не учитываются, доля прибыли составляет³ 45%.

По данным системы национальных счетов, доля добывающих видов деятельности в ВВП (ω_{oil}) – в среднем 13%; горнодобывающих отраслей в экспорте (w_{Eoil}) – 40%. Доля экспорта в ВВП (w_E) (без потребления государства) – в среднем 33%, потребления домашних хозяйств – 67%. Отношение промежуточного потребления продукции добывающих отраслей к ВВП страны оценивается величиной $ee=6\%$. Капиталоемкость добывающих отраслей (h_{oil}) приравнена 1,3 [7].

Параметр β (норма дисконтирования) калибруется как $\frac{1}{1+RK}$.

Вслед за А. Полбиным [8] примем инерционность инвестиций (χ) равной единице, а долю амортизационных отчислений (μ) – 10% в год (2,5% в квартал).

Параметр Кальво (κ) оценивался нами ранее величиной 0,50-0,56 [3, 9]. При выполнении расчетов используется верхняя граница этого диапазона – значение 0,56.

По некоторым оценкам [10; 11], около 60-65% домашних хозяйств не имеют сбережений. Это позволяет оценить долю хозяйств-сберегателей величиной $w_R = 0,4$.

В литературе степень инерционности домашних хозяйств в целом оценивается в пределах от 0,4 до 0,7. В модели мы будем использовать $h_R = 0,9$ для группы сберегателей и $h_N = 0,4$ для группы заемщиков, чтобы среднее значение составило 0,6.

Известно, что эластичность занятости по заработной плате в РФ очень низкая. Наши оценки параметра ϕ по предыдущей версии модели были от 3,6 и выше [3].

³ https://gks.ru/free_doc/new_site/vvp/vvp-god/tab34.htm

Другие авторы [12-14] задают этот параметр в диапазоне от 1 до 3. С ориентацией на эти данные приняты значения коэффициентов φ для домохозяйств-сберегателей $\varphi_R = 2$, для заемщиков $\varphi_N = 4$. При выборе указанных значений приняты во внимание соображения, что заемщики (аналог нерикарданских домашних хозяйств) имеют менее чувствительное предложение труда, так как не имеют возможности жить без заработка и вынуждены работать «по-максимуму». Соответственно, их потребление сильнее реагирует на изменение доходов, и с минимальной инерцией.

Божеčkова и Полбин [15] дают значение коэффициента, связывающего разрыв выпуска с процентной ставкой (этот коэффициент совпадает с величиной $\frac{1-h}{\sigma}$) в диапазоне от -0,062 до -0,013. В соответствии с принятой выше средней величиной $h = 0,6$ первое значение этого диапазона соответствует $\sigma = 4$, которое и заложено в расчетную модель.

Что касается доли импорта в потребительской корзине (δ_F), в расчетах используются оценки Банка России $\delta_F = 44\%$ [16]

В [14] эластичность внутреннего спроса по относительным ценам оценена величиной 0,656 – это значение примем для параметра θ . Эластичность (ϑ) внешнего спроса по цене на прочий (ненефтяной) экспорт задана единичной.

Перейдем к параметрам уравнения Тейлора.

В публикациях сотрудников Банка России встречаются следующие оценки параметра ρ_R , отвечающего за инерционность ключевой ставки: 0,7 [14], 0,75 [13], 0,89 [12]. Наши собственные оценки дают 0,83 [9]. Для расчетов по модели принято значение $\rho_R = 0,8$.

В рамках политики инфляционного таргетирования приоритет при установлении ключевой ставки отдается инфляции. Новак и Шульгин [14] оценивают соответствующий коэффициент уравнения Тейлора (q_π) величиной 2,15, что совпадает и с нашими предыдущими оценками [9].

По данным специалистов [13; 14], чувствительность ключевой ставки по разрыву выпуска в рамках действующего режима инфляционного таргетирования пренебрежимо мала. Наши оценки варьируют от 0,11-0,13 [3] до 0,4 [9]. Для расчетов ниже было использовано значение $q_y = 0,1$. Значения основных параметров модели приведены в таблице.

Таблица

Значения основных параметров модели

Параметр	Значение
Норма дисконтирования	$\beta = 0,976$
Доля домохозяйств-сберегателей	$w_R = 0,4$
Степень инерционности потребления сберегателей	$h_R = 0,9$
Степень инерционности потребления заемщиков	$h_N = 0,4$
Обратная эластичность предложения труда сберегателей	$\varphi_R = 2$
Обратная эластичность предложения труда заемщиков	$\varphi_N = 4$
Эластичность межвременного замещения потребления	$\sigma = 4$
Инерционность инвестиций	$\chi = 1$
Инерционность потребительской инфляции	$\rho_\pi = 0,86$
Инерционность инфляции цен на импортные товары	$\rho_F = 0,44$
Параметр Кальво	$\kappa = 0,56$
Инерционность обменного курса	$\rho_{rer} = 0,11$
Чувствительность ключевой ставки к инфляции	$q_\pi = 2,15$
Чувствительность ключевой ставки к разрыву выпуска	$q_y = 0,1$
Инерционность ключевой ставки	$\rho_R = 0,8$
Норма амортизации основных фондов	$\mu = 0,025$
Эластичность выпуска по капиталу	$\alpha = 0,45$
Коэффициент капиталоемкости добывающих производств	$h_{oil} = 1,3$
Доля потребления домашних хозяйств в ВВП	$w_{CH} = 0,67$
Доля экспорта в ВВП	$w_E = 0,33$
Доля добывающих производств в ВВП	$\omega_{oil} = 0,13$
Доля энергоресурсов в экспорте	$w_{Eoil} = 0,4$
Доля импорта в потребительской корзине	$\delta_F = 0,44$
Эластичность внутреннего спроса по цене	$\theta = 0,656$
Эластичность внешнего спроса по цене	$\vartheta = 1$

Сценарные расчеты. Расчеты проводились в пакете Dynare 4.5.7. Далее приводятся результаты расчетов по предлагаемой модели при некоторых экзогенных шоках. На графиках ниже по оси абсцисс – периоды расчета (кварталы), по оси ординат – процентные отклонения моделируемых переменных от своих равновесных значений. На первом графике отражен экзогенный шок. Далее – ключевые макропеременные: экспорт (E), ВВП (y), инвестиции (i). Далее – ключевая ставка (R), предельные издержки отечественных производителей (mcr) и потребительская инфляция (pi). В среднем ряду диаграмм показаны показатели рынка труда: средняя реальная заработная плата (w), а также заработная плата в добывающем (W_{oil}) и прочих секторах (W_h), занятость (L), занятость в добывающем (L_{oil}) и прочих секторах (L_h), занятость со стороны сберегателей (L_R) и заемщиков (L_{NR}). В нижнем ряду графиков отражены расходы домашних хозяйств (c), в том числе на покупку отечественных (c_H) и импортных (c_F) товаров, сберегателями (c_R) и заемщиками (c_{NR}). Наконец, на последней диаграмме собраны ценовые индикаторы: относительные цены на энергоресурсы (p_{oil}) и инвестиционные товары (p_i), инфляция цен на импортные товары (pi_i) и реальный обменный курс (rer).

Рост мировых цен на нефть (\bar{P}^W_{oil}) (рис. 1). Мы рассматриваем ситуацию, когда объем добычи задан экзогенно (например, соглашением ОПЕК+) и не может меняться в зависимости от ценовой конъюнктуры. Соответственно, в рамках такого «чистого» сценария рост мировых цен на энергоресурсы не сопровождается ростом добычи.

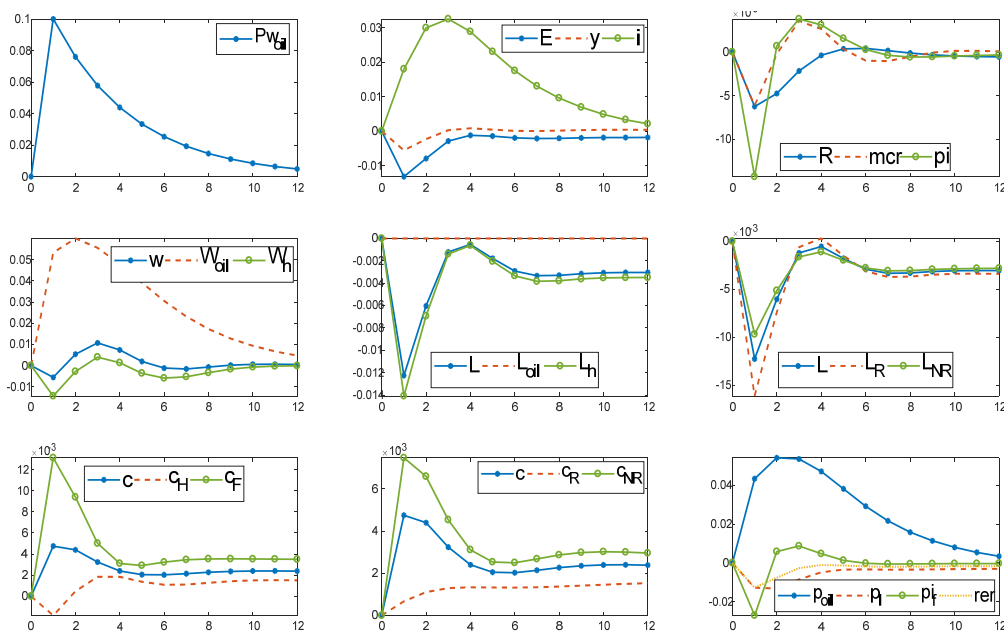


Рис. 1. Реакция переменных на рост мировых цен на нефть (\bar{P}^W_{oil})

В нашей модели не учтено бюджетное правило, вследствие которого корреляция между мировыми ценами на нефть и обменным курсом в последние годы сошлась практически до нуля. Поэтому первым эффектом от роста мировых цен является рост внутренних цен на энергоресурсы и значительное укрепление национальной валюты на фоне улучшения торгового баланса. Следствием укрепления рубля является рост импорта инвестиционных и потребительских товаров, расширение инвестиционной активности и потребления. Этому также способствует снижение ключевой ставки на фоне снижения инфляции ниже целевого уровня.

Укрепление национальной валюты оказывает негативное воздействие на отрасли, не связанные с добычей полезных ископаемых: внутреннее производство вытесняется подешевевшим импортом, а у экспорта падает конкурентоспособность на внешних рынках. В результате при фиксированном объеме добычи образуется отрицательный разрыв выпуска и снижается занятость. Однако реальные заработные платы в добывающем секторе растут сильнее, чем снижается оплата труда в прочих секторах экономики, и в целом уровень жизни повышается. Рост потребления домашних хозяйств обеспечивается преимущественно наращиванием подешевевшего импорта.

Если проинтерпретировать результат не в терминах DSGE-модели, то возникает такая цепочка. Рост мировых цен на нефть приводит к повышению внутренних цен на нефтепродукты. Однако рост физических объемов добычи произойти не может. Нет смысла инвестировать в добычу, так как сохраняется множество свободных мощностей. То есть все физические показатели добывающих отраслей неизменны. Зато в остальных секторах экономики происходит рост себестоимости по причине роста внутренних цен на топливо, а также снижение конкурентоспособности на внутренних и внешних рынках по причине укрепления рубля.

Сказанное выше иллюстрирует роль фондов, абсорбирующих экспортную выручку, и других механизмов, действующих по типу «бюджетного правила». Во-первых, они сдерживают укрепление национальной валюты, поддерживая конкурентоспособность недобывающих отраслей. Во-вторых, они должны перераспределять доходы из добывающих отраслей в обрабатывающие.

Рост совокупной факторной производительности (\tilde{A}) (рис. 2). Рост производительности приводит к снижению предельных издержек производства. В результате снижается инфляция, что заставляет центральный банк понизить ключевую ставку. Последнее приводит к девальвации национальной валюты (росту реального обменного курса).

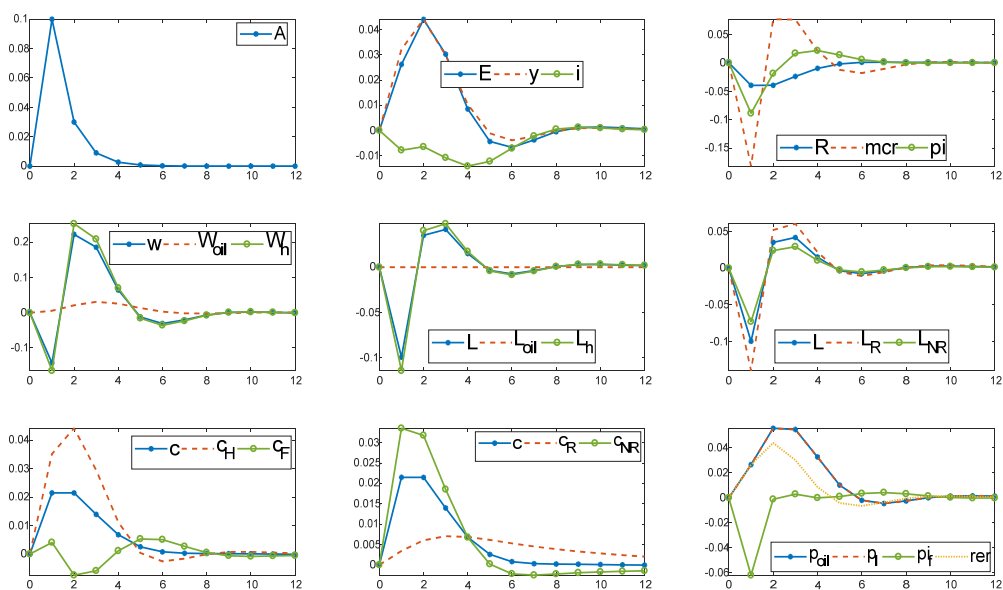


Рис. 2. Реакция переменных на рост производительности (\tilde{A})

Снижение курса национальной валюты, в свою очередь, приводит к росту цен на импортируемые инвестиционные и потребительские товары. Следствием этого является снижение инвестиций и запаса основного капитала.

Также на фоне роста производительности труда сокращается занятость в обеих группах домохозяйств и возрастают заработные платы.

Рост доходов населения, снижение ставки процента и инфляции вызывают рост потребительских расходов в обеих группах домохозяйств. На потребительский импорт оказывает положительное влияние рост покупательной способности населения и отрицательное – девальвация рубля. Как следствие – импорт испытывает циклические колебания.

Также на фоне расширения производственных возможностей и девальвации национальной валюты увеличивается экспорт. Следствием всего вышесказанного является положительный разрыв выпуска.

Шок ключевой ставки (ε_t^R) (рис. 3). При шоке управляющих параметров процентной политики пропорционально меняются ставки кредитования домашних хозяйств-заемщиков и предприятий реального сектора, а также доходность депозитов.

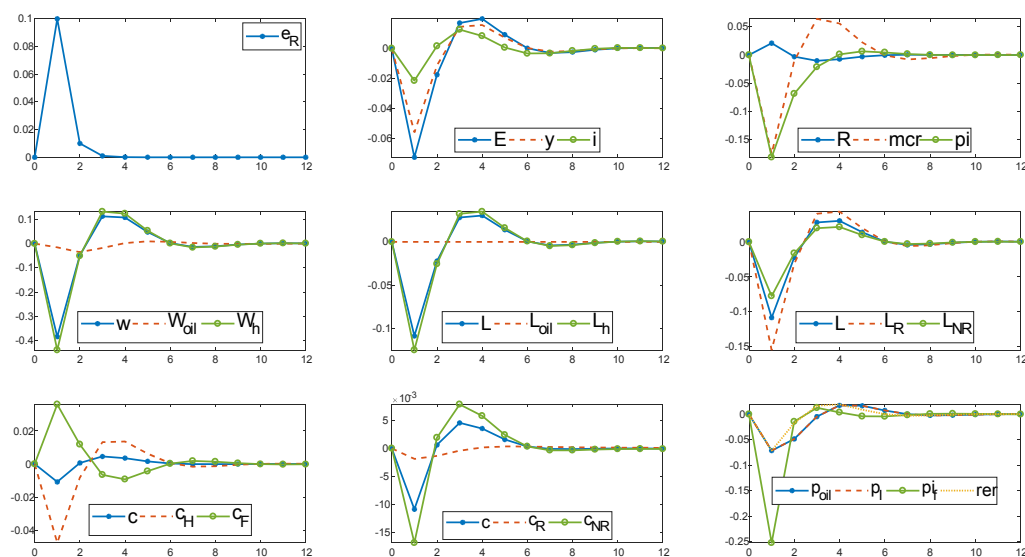


Рис. 3. Реакция переменных на рост ключевой ставки (ε_t^R)

Рост процентных ставок приводит к сокращению инвестиций и суммарного потребления. Уменьшение расходов домашних хозяйств связано также со снижением заработных плат и занятости вследствие сокращения выпуска. При этом занятость хозяйств-заемщиков сокращается слабее, чем у хозяйств-кредиторов. А потребление, наоборот, падает гораздо существеннее.

Снижение предельных затрат и внутреннего спроса влекут за собой сокращение инфляции цен на отечественные товары. Укрепление рубля в реальном выражении приводит к снижению стоимости импорта и росту потребления в пользу импортных товаров, что сглаживает снижение общих расходов домохозяйств.

В итоге основные экономические показатели (экспорт, выпуск, инвестиции, занятость и т.д.) оказываются ниже своих равновесных значений.

Рост автономного спроса (\bar{AD}) (рис. 4). Рост автономных расходов, например, государственных закупок, приводит к увеличению инвестиций в основной капитал. На фоне расширения инвестиционного импорта, а также негативного реального процента (см. ниже), происходит девальвация валюты. Которая, в свою очередь, поддерживает экспорт и ограничивает потребительский импорт.

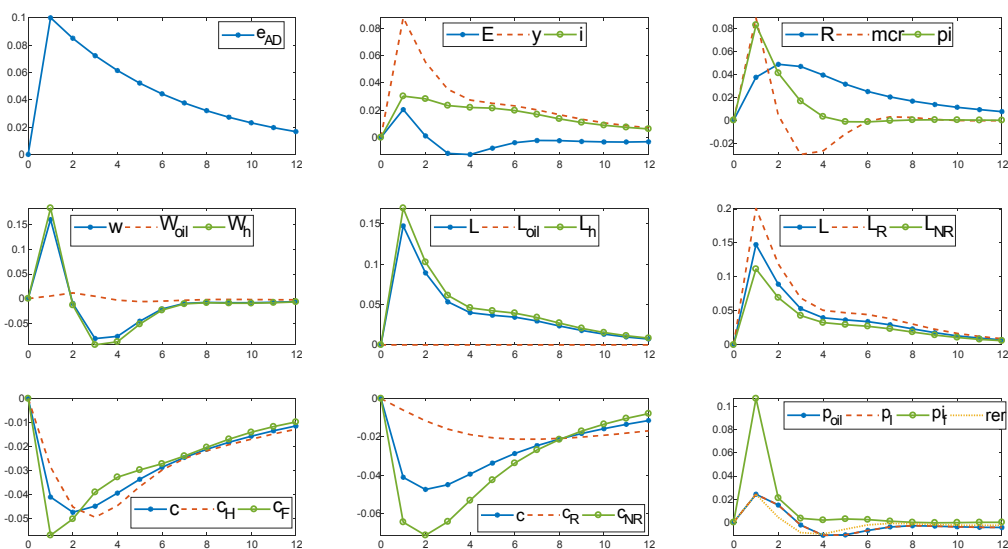


Рис. 4. Реакция переменных на рост совокупного спроса (\widetilde{AD})

На рынке труда происходит рост занятости и реальных заработных плат в обеих группах домашних хозяйств.

Ослабление рубля приводит к росту цен на импортируемые товары и к росту внутренних цен на энергоресурсы. Это, вкупе с расширением внутреннего спроса, повышает инфляцию и заставляет денежного регулятора повысить ключевую ставку. При этом опережающий рост инфляции и инерция ключевой ставки Центрального банка приводят к кратковременному уходу реальной ставки в область ниже нуля.

Рост цен и ставки процента приводят к сокращению потребления. При этом потребление импортных товаров сокращается сильнее на фоне девальвации национальной валюты.

В целом мультипликатор ВВП по автономному спросу оказывается чуть меньше единицы за счет эффекта вытеснения (ускорения инфляции и повышения ставки процента).

В завершение имеет смысл обратить внимание на долгосрочные последствия краткосрочных изменений. Ниже (рис. 5) приведены функции отклика для инвестиций и запаса капитала в результате смягчения денежно-кредитной политики.

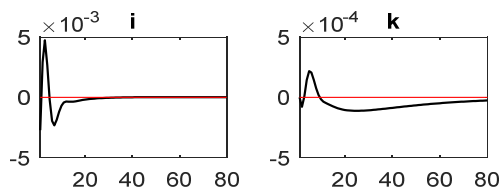


Рис. 5. Реакция инвестиций (слева) и капитала (справа) на краткосрочное снижение ключевой ставки R

Для большинства переменных эффект от шока исчерпывается уже через десять кварталов. Исключение составляет запас капитала – влияние на него может проявляться и на горизонте после 20 кварталов и полностью исчерпывается ближе к 80 кварталам. Хотя влияние ставки процента на инвестиции и капитал значительно меньше, чем влияние на остальные переменные, однако его проявление может свидетельствовать о том, что краткосрочные изменения монетарной политики могут иметь весьма длительные последствия.

* * *

Новизной предложенной DSGE-модели является сочетание следующих элементов: firm-specific capital approach, выделение добывающего сектора, разделение домашних хозяйств на сберегателей и заемщиков, включение финансовых посредников между сберегателями, с одной стороны, и фирмами и заемщиками – с другой.

Введение этих элементов в модель [2] позволяет учесть такие важные черты российской экономики, как значительная роль добывающего сектора и ограничения на добычу в рамках соглашения ОПЕК+, неоднородность домашних хозяйств, значительная доля собственных средств предприятий в инвестициях в основной капитал и т.д. Таким образом, повышается адекватность модели экономическим реалиям.

На базе предложенной модели построены функции отклика для шоков экзогенных переменных. Из проведенных расчетов следует, что в условиях ограничений на добычу энергоресурсов рост мировых цен на них не приводит сам по себе к экономическому росту. Наоборот, во-первых, укрепляющийся рубль приводит к замещению отечественного производства импортом, к снижению конкурентоспособности экспорта на внешних рынках. Во-вторых, за счет подорожания энергоресурсов ускоряется внутренняя инфляция, что приводит к ужесточению монетарной политики и сокращению потребления.

Предложенная модель может использоваться для оптимизации параметров денежно-кредитной политики, запланированной Банком России в 2021-2022 гг.

Литература / References

1. Шульц Д.Н., Балута В.И. Развитие динамической стохастической модели общего равновесия для условий открытой экономики // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2021. No 44. 27 с. <https://doi.org/10.20948/prepr-2021-44>. [Shultz D.N., Baluta V.I. Development of a dynamic stochastic general equilibrium model for open economy conditions. Keldysh Institute preprints. M.V. Keldysh. 2021. No. 44. 27 p.]
2. Балута В.И., Шульц Д.Н. Версия динамической стохастической модели общего равновесия для условий открытой экономики // Математическое моделирование. 2019. Т. 31. № 11. С. 117-131. [Baluta V.I., Shultz D.N. A version of the dynamic stochastic general equilibrium model for open economy conditions // Mathematical modeling. 2019. Vol. 31. No. 11. P. 117-131.]
3. Шульц Д.Н., Балута В.И. Байесовское оценивание динамической стохастической модели общего равновесия // Экономика и предпринимательство. 2020. № 2(115). С. 290-295. [Shultz D.N., Baluta V.I. Bayesian estimation of a dynamic stochastic general equilibrium model // Economics and Entrepreneurship. 2020. No. 2(115). С. 290-295.]
4. Altig D., Christiano L.J., Eichenbaum M., Linde J. Firm-Specific Capital, Nominal Rigidities and the Business Cycle // National Bureau of Economic Research. Working Paper 11034. 2005. URL: <https://www.nber.org/papers/w11034.pdf> (дата обращения: 20.01.2020).
5. Walque G., Smets F., Wouters R. Firm-Specific Production Factors in a DSGE Model with Taylor Price Setting // European Central Bank. Working Paper. 2006. № 648. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/153082/1/ecbwp0648.pdf> (дата обращения: 20.01.2021).
6. Woodford M. Firm-Specific Capital and the New Keynesian Phillips Curve // International Journal of Central Banking. 2005. № 2. P. 1-46.
7. Дранко О.И. Капиталоёмкость видов деятельности российской экономики // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 3. с. 67-70. URL: https://www.auditfin.com/fin/2015/3/fin_2015_31_rus_03_02.pdf. [Dranko O.I. Capital intensity of activities of the Russian economy // Audit and financial analysis. 2015. No. 3. P. 67-70.]
8. Полбин А.В. Теоретические и методологические основы для разработки динамической стохастической модели общего равновесия для российской экономики: дисс. канд. экон. наук: 08.00.01. М., 2015. 133 с. [Polbin A.V. Theoretical and methodological foundations for the development of a dynamic stochastic general equilibrium model for the Russian economy: Diss. Cand. econom. Sciences: 08.00.01. Moscow, 2015. 133 p.]
9. Шульц Д.Н. Поведенческая экономика и динамические модели общего равновесия // Вопросы экономики. 2020. № 1. С. 47-65. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-1-47-65>. [Shultz D.N. Behavioral economics and dynamic general equilibrium models // Economic issues. 2020. No. 1. Pp. 47-65.]
10. Большинство российских семей оказались вообще без сбережений. <https://www.rbc.ru/economics/16/05/2019/5cdabe099a79479536f3c523> (дата обращения: 21.05.2021). [Most Russian families ended up with no savings at all.]
11. Большинство россиян оказались без сбережений в кризис. <https://www.rbc.ru/economics/31/03/2020/5e7dd7c59a7947c7f63c1e66> (дата обращения: 21.05.2021). [Most Russians found themselves without savings during the crisis.]

12. *Andreyev M. Adding a fiscal rule into a DSGE model: How much does it change the forecasts? // Bank of Russia, Working paper series. No. 64. November 2020. https://cbr.ru/StaticHtml/File/117488/wp-64_e.pdf (дата обращения: 21.05.2021)*
13. *Крепцев Д., Селезнев С. Прогнозирование российской экономики с использованием DSGE-моделей с малым количеством уравнений // Деньги и кредит. 2018. Т. 77. № 2. С. 1-12. [Kreptsev D., Seleznev S. Forecasting the Russian economy using DSGE-models with a small number of equations // Money and Credit. 2018. T. 77. No. 2. P. 1-12.]*
14. *Новак А., Шульгин А. Денежно-кредитная политика в экономике с региональной неоднородностью: подходы на основе агрегированной и региональной информации. Серия докладов об экономических исследованиях. М.: Центральный банк Российской Федерации, 2020. 105 с. https://cbr.ru/Content/Document/File/108035/wp_2003.pdf. (дата обращения: 21.05.2021). [Novak A., Shulgin A. Monetary policy in an economy with regional heterogeneity: approaches based on aggregated and regional information. Economic Research Report Series. Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2020. 105 p.]*
15. *Божечкова А.В., Полбин А.В. Тестирование наличия процентного канала в кривой IS для российской экономики // Экономическая политика. 2018. Т. 13. № 1. С. 70-91. <https://cyberleninka.ru/article/n/testirovaniye-nalichiya-protsentnogo-kanala-v-krivoy-is-dlya-rossiyskoy-ekonomiki> (дата обращения: 21.05.2021). [Bozhechkova A.V., Polbin A.V. Testing the presence of an interest rate channel in the IS curve for the Russian economy // Economic Policy. 2018. Vol. 13. No. 1. P. 70-91.]*
16. *Банк России. Об инфляции. URL: http://www.cbr.ru/dkp/about_inflation/ (дата обращения: 21.05.2021). [Bank of Russia. Inflation.]*



Статья поступила 01.09.2021. Статья принята к публикации 14.09.2021.

Для цитирования: В.И. Балута, Д.Н. Шульц, П.А. Лавриненко. Оценка влияния мировых цен на углеводороды на российскую экономику на основе DSGE-модели с фирмами-собственниками капитала // Проблемы прогнозирования. 2022. № 1(190). С. 147-161.
DOI: 10.47711/0868-6351-190-147-161

Summary

ASSESSING THE IMPACT OF GLOBAL HYDROCARBON PRICES ON THE RUSSIAN ECONOMY BASED ON THE DSGE MODEL WITH CAPITAL-OWNING FIRMS

V.I. BALUTA, Cand. Sci. (Tech.), Plekhanov Russian University of Economics;
Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia

D.N. SHUL'TS, Cand. Sci. (Econ.), Infrastructure Economics Center, Moscow,
Russia

P.A. LAVRINENKO, Cand. Sci. (Econ.), Institute of Economic Forecasting, Russian
Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract: The paper presents the results of research using the DSGE model, which focuses attention in relation to domestic realities on such sectors of the economy as real sector enterprises and households with the participation of financial intermediaries. For this purpose, households are represented by groups of savers and borrowers, and the participation of their savings in the field of investment is carried out through financial intermediaries. It is financial intermediaries who transform temporarily available household funds into loans to real sector enterprises. A feature of the proposed model is firm-specific capital-an approach that assumes that the owners of fixed capital are firms that make investment decisions. In the manufacturing sector, extractive industries are distinguished. For extractive enterprises, the production level is set exogenously in order to adequately reflect the impact of the OPEC+ agreement.

Keywords: DSGE model, economic sectors, households, businesses, financial intermediaries, sensitivity research

Received 01.09.2021. Accepted 14.09.2021.

For citation: *V.I. Baluta, D.N. Shul'ts, and P.A. Lavrinenko. Assessing the Impact of Global Hydrocarbon Prices on the Russian Economy Based on the DSGE Model with Capital-Owning Firms // Studies on Russian Economic Development. 2022. Vol. 33. No. 1. Pp. 106-116. DOI: 10.1134/S1075700722010038.*