

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

О.А. Малаховская, А.Р. Минабутдинов

**ДИНАМИЧЕСКАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ
ЭКСПОРТООРИЕНТИРОВАННОЙ
ЭКОНОМИКИ**

Препринт WP12/2013/04
Серия WP12

Научные доклады
Лаборатории макроэкономического анализа

Москва
2013

Редактор серии WP12
«Научные доклады
Лаборатории макроэкономического анализа»
Л.Л. Любимов

Малаховская, О. А., Минабутдинов, А. Р. Динамическая стохастическая модель общего равновесия экспортоориентированной экономики [Электронный ресурс] : препринт WP12/2013/04 / О. А. Малаховская, А. Р. Минабутдинов ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Электрон. текст. дан. (650 КБ). – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. – 33 с. – (Серия WP12 «Научные доклады Лаборатории макроэкономического анализа»).

В работе представлена динамическая стохастическая модель общего равновесия для экспортоориентированной экономики. Модель является расширенной версией моделей, предложенных в работах [Kollmann, 2001; Dam, Linaa, 2005]. Помимо общепринятых в литературе шоков (технологический шок, шок монетарной политики и т.д.), модель содержит дополнительный шок доходов от экспорта. Шок вводится напрямую в бюджетное ограничение домашних хозяйств в дополнение к доходам от труда, капитала и финансовых активов. Большая часть параметров модели калибруется в соответствии с работами [Smetts, Wouters, 2003; Dam, Linaa, 2005], отношение стоимости экспорта природных ресурсов к не сырьевому экспорту калибруется по российским данным. Модель позволяет с помощью функций импульсного отклика проанализировать влияние на экономику, экспортирующую определенный вид сырья, изменение его цены на мировом рынке.

JEL codes: E 32, E37

Ключевые слова: модель общего равновесия, сырьевой экспорт, нефтяные доходы

Малаховская Оксана Анатольевна – научный сотрудник Научно-учебной лаборатории макроэкономического анализа НИУ ВШЭ; omalakhovskaya@hse.ru

Минабутдинов Алексей Рафаилович – старший преподаватель НИУ ВШЭ; aminabutdinov@gmail.com

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2013г.

**Препринты Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики» размещаются по адресу: <http://www.hse.ru/org/hse/wp>**

© Малаховская О. А., 2013

© Минабутдинов А. Р., 2013

© Оформление. Издательский дом
Высшей школы экономики, 2013

1. Введение

В современной макроэкономике особое место занимает раздел, посвященный моделированию экономики в рамках общего равновесия с помощью динамических стохастических (DSGE) моделей. Существенный прогресс, достигнутый в вопросе формулирования и оценки этого класса моделей за последние 20 лет, обусловил значительный интерес к ним не только со стороны академического сообщества, но и со стороны центральных банков. Это связано с тем, что DSGE могут быть применены для определения источников деловых колебаний, для предсказания макропоказателей, для прогноза эффектов различных политик, для ответа на вопрос о структурных изменениях в экономике и т.д. Впрочем, существенные преимущества в эмпирическом анализе трансмиссионных механизмов и прогнозировании с помощью DSGE по сравнению с векторными авторегрессиями стали очевидными лишь в последние несколько лет. В частности, в работе [Christiano et al., 2005] было показано, что оптимизационная модель с номинальными и реальными жесткостями может хорошо предсказывать эффект монетарного шока. Тот факт, что новая кейнсианская DSGE может улавливать поведение макропеременных и осуществлять прогнозирование не хуже, а в ряде случаев лучше, чем байесовские VAR (BVAR), было продемонстрировано в статье [Smets, Wouters, 2007]. Здесь нужно отметить, что именно работы [Smets, Wouters, 2003, 2007] легли в основу NAWM [Christoffel et al., 2008] – модели активно используемой в настоящее время Европейским центральным банком для построения прогнозов и анализа экономической политики.

Разумеется, в настоящее время не только ЕЦБ занимается разработкой DSGE и использует их регулярно в своей деятельности. Центральные банки многих стран могут похвастаться специально разработанными динамическими стохастическими моделями общего равновесия¹, обладающими рядом преимуществ в сравнении с более традиционными моделями. Несмотря на то, что основные элементы этих DSGE-моделей совпадают, некоторые дополнительные их характеристики отличаются, позволяя учесть особенности той или иной экономики.

В настоящее время, насколько нам известно, в России нет подобной специально разработанной теоретически обоснованной DSGE-модели, позволяющей проводить анализ последствий проводимой политики и строить прогнозы основных макропоказателей.

В рамках данной работы предполагается разработать теоретическую динамическую стохастическую модель с учетом экспортной направленности российской экономики.

¹ В качестве примера можно привести модели STIGMA (ФРС США), ToTEM (ЦБ Канады), BEQM (ЦБ Великобритании), NEMO (ЦБ Норвегии), RAMSES (ЦБ Швеции) и др. (см. [Tovar, 2009]).

Модель является расширенной версией моделей, предложенных в работах [Kollmann, 2001; Dam, Linaa, 2005]. Особенностью данной работы мы считаем моделирование в явном виде доходов от экспорта энергоресурсов, что отражает экспортную ориентированность российской экономики. Действительно, нельзя сбрасывать со счетов, что Россия является одним из крупнейших производителей нефти в мире, стоимость экспорта нефти и газа в 2011 г. превысила 342 млрд долл.; при этом почти половина доходов федерального бюджета сформирована за счет продажи нефти и газа. В такой ситуации кажется очевидным, что изменение цены на нефть на мировом рынке может являться важнейшим источником деловых колебаний, равно как причиной не связанного с деловыми циклами изменения основных макроэкономических показателей. Большая часть параметров модели калибруется в соответствии с работой [Dam, Linaa, 2005], отношение стоимости экспорта природных ресурсов к несырьевому экспорту калибруется по российским данным. Модель позволяет проанализировать с помощью функций импульсного отклика влияние на экономику, экспортирующую определенный вид сырья, увеличение его цены на мировом рынке. Модель может рассматриваться как прообраз будущей так называемой medium-scale DSGE, аналогичной тем, что активно используются центральными банками других стран. В дальнейшем предполагается осуществить полную байесовскую оценку параметров модели на российских данных.

В следующем разделе представлена теоретическая модель, приведены ее основные предпосылки и представлены условия первого порядка задач макроэкономических агентов. Раздел 3 посвящен анализу влияния на экономику шоков сырьевого экспорта и монетарной политики с помощью функций импульсного отклика. Раздел 4 содержит общие выводы по работе и направления дальнейшего исследования.

2. Теоретическая модель

В данном разделе мы представляем теоретическую модель, в основе которой лежит работа [Kollmann, 2001], некоторые отличия от модели Кольмана повторяют работу [Dam, Linaa, 2005], авторы которой также базировались на статье [Kollmann, 2001]. Там, где это возможно, мы используем такие же обозначения переменных, как в работе [Dam, Linaa, 2005].

Базовая версия модели представляет собой взаимодействие четырех экономических агентов: домашних хозяйств, фирм, центрального банка и иностранного сектора. Как отмечалось выше, важной особенностью предложенной модели является эксплицитное моделирование нефтяных потоков. Так как основной целью данной статьи является создание модели общего равновесия, которая в будущем должна стать пригодной для построения

прогнозов российской экономики, то игнорирование факта экспортной направленности нашей страны могло бы привести к неверной оценке каналов влияния различных шоков и сокращению прогнозной силы модели. Доходы от экспорта нефти предполагаются экзогенными и напрямую учитываются в бюджетном ограничении домашних хозяйств по аналогии с работой [Batte et al., 2009].

Производственный сектор в модели представлен двумя типами фирм: это фирмы, производящие промежуточную продукцию, и фирмы, производящие конечную продукцию, – их можно воспринимать как розничных продавцов. Рынок промежуточной продукции предполагается монополистически конкурентным, рынок конечной продукции – совершенно конкурентным. Введение несовершенной конкуренции на одном из рынков обуславливается необходимостью моделировать ненейтральность монетарной политики в краткосрочном периоде. Домашние хозяйства выбирают оптимальное количество потребления и предложения труда и финансовых активов (в роли которых выступают внутренние и иностранные облигации). Кроме того, домашние хозяйства владеют фирмами и накапливают капитал. Центральный банк осуществляет монетарную политику. Иностранный сектор предъявляет спрос на промежуточные блага данной страны и является источником импорта. Детали функционирования каждого сектора подробно описаны ниже.

2.1. Домашние хозяйства

Мы предполагаем, что население состоит из множества единичной меры домашних хозяйств. Мы описываем поведение репрезентативного домашнего хозяйства, которое при некотором бюджетном ограничении максимизирует ожидаемую приведенную полезность на бесконечном интервале. Предпочтения определены на пространстве потребления и затрат труда. Вслед за большим количеством работ (например, [Erceg et al. (2000); Gali, 2008]) мы предполагаем, что трудовые услуги дифференцированы, и каждое домашнее хозяйство является монополистическим конкурентом на рынке труда. Трудовые услуги любого домашнего хозяйства представлены как множество меры единица, и каждое домашнее хозяйство предоставляет трудовые услуги каждой из фирм, работающих на рынке промежуточной продукции. Домашнее хозяйство имеет возможность устанавливать цену своих услуг, т.е. заработную плату. При этом мы предполагаем, что установление заработных плат домашними хозяйствами, так же как и установление цен фирмами, происходит в соответствии с механизмом Кальво с вероятностью получения сигнала о смене зарплаты, равной $1 - \theta_w$. При определении своей заработной платы каждое домашнее хозяйство рассматривает агрегированную зарплату как заданную. Домашнее хозяйство

удовлетворяет спрос на свой труд при установленной заработной плате, независимо от того, имеет ли оно право в данный период изменить свое решение о ней или нет.

Мы предполагаем, что функция полезности является аддитивно-сепарабельной по потреблению и труду и имеет вид CRRA.

Домашнее хозяйство h максимизирует дисконтированную полезность:

$$V(h) = \max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, l_t(h)) \quad (1)$$

при бюджетном ограничении, которое будет определено ниже, где C_t – потребление в период t , $l_t(h)$ – услуги труда домашнего хозяйства h в период t . Кроме денежных балансов домашнее хозяйство может иметь три вида актива: внутренние и иностранные облигации и запас капитала. Кроме доходов от активов домашнее хозяйство получает трудовой доход и дивиденды от несовершенного конкурентных фирм, производящих промежуточную продукцию, а также доходы от экспорта энергоресурсов (нефти).

Динамика запаса капитала имеет вид:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t - \chi(K_{t+1}, K_t), \quad (2)$$

где K_t – запас капитала, I_t – инвестиции, осуществленные в период t , а последнее слагаемое отражает издержки приспособления капитала, и соответствующая функция имеет вид:

$$\chi(K_{t+1}, K_t) = \frac{\Phi}{2} \frac{(K_{t+1} - K_t)^2}{K_t} \quad (3)$$

Пусть одномоментные предпочтения заданы в виде [Smets, Wouters, 2003]:

$$U(C_t, L_t) = \varepsilon_b \left(\frac{(C_t - v\tilde{C}_{t-1})^{1-\sigma_1}}{1-\sigma_1} - \varepsilon_l \frac{L^{1+\sigma_2}}{1+\sigma_2} \right), \quad (4)$$

где $\tilde{C}_{t-1}$ отражает внешние привычки в потреблении, ε_b – шок предпочтений, ε_l – шок предложения труда.

Бюджетное ограничение домашнего хозяйства h в период t может быть записано как

$$P_t(C_t + I_t) + D_t + S_t D_t^* = \int_0^1 w_t(h) l_t(h) + D_{t-1}(1 + i_{t-1}) + \\ + S_t D_{t-1}^*(1 + i_{t-1}^*) + R_t^k K_t + \Pi_t^d + \Pi_t^{ex} + S_t O_t \quad (5)$$

где D_t – национальные облигации, D_t^* – иностранные облигации, S_t – номинальный валютный курс, выраженный в национальных денежных единицах за единицу иностранной, $w_t(h)$ – заработная плата домохозяйства h , i_t – доходность национальных облигаций, i_t^* – доходность иностранных облигаций, R_t^k – стоимость аренды капитала, Π_t^d – прибыль промежуточных фирм от продажи товаров на внутреннем рынке, Π_t^{ex} – прибыль промежуточных фирм от экспорта, O_t – доходы от экспорта сырья, которые, по нашему предположению, достаются напрямую домашним хозяйствам. Объем производства сырья предполагается постоянным и нормированным к единице. Надо отметить, что несовершенства финансового рынка создают отклонения процентной ставки по иностранным облигациям (отрицательное D_{t+1}^* представляет собой долг домашних хозяйств перед иностранным сектором), которое можно интерпретировать как премию за риск:

$$1 + i_t^* = \rho_t(1 + i_t^f), \quad (6)$$

где i_t^f – безрисковая иностранная процентная ставка, ρ_t – премия за риск.

Следуя работам [Benigno, 2001; Lindé et al., 2004], мы предполагаем, что указанная премия за риск (ρ_t) может быть представлена убывающей функцией чистых иностранных активов страны, однако по сравнению с указанными работами мы модифицируем функцию премии за риск и нормализуем чистые иностранные активы к величине общего экспорта (включая доходы от экспорта энергоресурсов) в стационарном состоянии:

$$\rho = \exp\left(-\omega\left(\frac{\bar{P}^f D_t^*}{\bar{P}^{ex} \bar{Q}^{ex} + \bar{O}}\right) + \epsilon_\rho\right) \quad (7)$$

где P^{ex} – это агрегированный уровень цен, товаров данной страны, идущих на экспорт, в стационарном состоянии, Q^{ex} – экспорт промежуточных товаров в стационарном состоянии, P_t^f – агрегированный уровень цен в стране – торговом партнере в стационарном состоянии, $\bar{O}$ – доходы от экспорта сырья в стационарном состоянии, ϵ_ρ – стохастический шок премии за риск, ω – нормализующая константа.

Таким образом, при увеличении долгов домашних хозяйств перед иностранным сектором процентная ставка для домашних хозяйств возрастает. Технически эндогенная

премия за риск обеспечивает существование стационарного равновесия [Schmitt-Grohe, Uribe, 2003].

Условия первого порядка для указанной задачи имеют вид:

$$U'_{C,t} = P_t \mu_t \quad (8)$$

$$\beta E_t \mu_{t+1} (1 + i_t) = \mu_t \quad (9)$$

$$\beta E_t \mu_{t+1} S_{t+1} (1 + i_t^*) = \mu_t S_t \quad (10)$$

$$\beta E_t \mu_{t+1} R_{t+1}^K + \beta E_t P_{t+1} \mu_{t+1} (1 - \delta - \chi'_{2,t+1}) = \mu_t (1 + \chi'_{1,t}) P_t, \quad (11)$$

где μ_t – множитель Лагранжа при бюджетном ограничении. Каждый период домашнее хозяйство решает задачу выбора между трудом и досугом. Заработанные деньги (так же как и деньги, полученные в качестве процентов по облигациям, рента от капитала и прибыль несовершенного-конкурентных фирм) домашнее хозяйство распределяет между потреблением и новыми вложениями в финансовые активы и капитал. Задачу выбора новой заработной платы домашнее хозяйство решает не каждый период, а когда получает информационный сигнал. Если домашнее хозяйство получает такой сигнал, то оно выбирает зарплату ($\tilde{W}_t$) таким образом, чтобы максимизировать ожидаемую дисконтированную полезность:

$$E_t \left\{ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \theta_w)^\tau U(C_{t+\tau|t}, l_{t+\tau|t}) \right\} \quad (1')$$

При бюджетном ограничении и ограничении на трудовой доход²:

$$l_{t+\tau|t}(h, j) = \left(\frac{\tilde{W}_t}{W_{t+\tau|t}} \right)^{-\frac{1+\gamma}{\gamma}} L_{t+\tau} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & P_{t+\tau|t} (C_{t+\tau|t} + I_{t+\tau|t}) + D_{t+\tau|t} + S_{t+\tau+1|t} D_{t+\tau|t}^* \\ & \leq \int_0^1 \tilde{W}_{t+\tau|t} l_{t+\tau|t} + D_{t+\tau-1|t} (1 + i_{t+\tau-1|t}) \\ & + S_{t+\tau|t} D_{t+\tau-1|t}^* (1 + i_{t+\tau-1|t}^*) + R_{t+\tau|t}^K K_{t+\tau|t} + \Pi_{t+\tau|t}^d + \Pi_{t+\tau|t}^{ex} \\ & + S_{t+\tau|t} O_{t+\tau|t} \end{aligned} \quad (5')$$

² Уравнение (12) следует из (34) (см. ниже в параграфе «Производство промежуточных благ»).

Условием первого порядка для указанной задачи является следующее:

$$\tilde{W}_t^{\frac{1+\gamma}{\gamma}\sigma_2+1} = (1+\gamma) \frac{E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} \theta_w^{\tau} \epsilon_{t+\tau}^b \epsilon_{t+\tau}^l L_{t+\tau}^{1+\sigma_2} W_{t+\tau}^{\frac{1+\gamma}{\gamma}(1+\sigma_2)}}{E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} \theta_w^{\tau} \mu_{t+\tau} L_{t+\tau} W_{t+\tau}^{\frac{1+\gamma}{\gamma}}} \quad (13)$$

С учетом того, что доля домашних хозяйств, меняющих зарплату каждый период, равна $1 - \theta_w$, то общий уровень заработных плат задается как

$$(W_t)^{-\frac{1}{\gamma}} = \theta_w (W_{t-1})^{-\frac{1}{\gamma}} + (1 - \theta_w) \tilde{W}_t^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (14)$$

2.2. Производственный сектор

Моделирование производственного сектора в основном совпадает с тем, что было предложено в работах [Kollmann, 2001; Curdia, Finocchiaro, 2005]. Промежуточные товары в модели являются торгуемыми, тогда как единственное конечное благо, полученное агрегированием промежуточных внутренних и импортных товаров, является неторгуемым. Промежуточные товары разных фирм являются несовершенными субститутами друг для друга.

2.2.1. Производство конечного блага

Конечное благо производится в соответствии со следующей технологией:

$$Q_t = (\alpha_d^{-1} Q_t^d)^{\alpha_d} (\alpha_{im}^{-1} Q_t^{im})^{\alpha_{im}}, \text{ где } \alpha_d > 0, \alpha_{im} > 0 \quad (15)$$

Q_t – индекс объема производства конечного блага в период t , Q_t^d – индекс объема производства агрегированного промежуточного блага в период t , Q_t^{im} – индекс объема импорта агрегированного блага в период t . Q_t^d и Q_t^{im} определяются следующим образом:

$$Q_t^d = \left(\int_0^1 q_t^d(j)^{\frac{1}{1+v_t}} dj \right)^{1+v_t} \quad (16)$$

$$Q_t^{im} = \left(\int_0^1 q_t^{im}(j)^{\frac{1}{1+v_t}} dj \right)^{1+v_t} \quad (17)$$

где $q_t^d(j)$ – объем продаж на внутреннем рынке произведенного внутри страны промежуточного блага типа j , $q_t^{im}(j)$ – объем продаж на внутреннем рынке импортного промежуточного блага типа j и v_t – случайная величина с математическим ожиданием $v > 0$.

Другими словами, на рынке существует множество единичной меры промежуточных фирм, для индексации которых мы используем параметр j . Промежуточная фирма j производит благо типа j , являющееся неабсолютным заменителем по отношению к другим промежуточным благам. Таким образом, каждая промежуточная фирма обладает монопольной властью при установлении цены на свою продукцию. То же самое верно для промежуточного сектора в стране – торговом партнере. В свою очередь сектор конечной продукции является совершенно конкурентным, поэтому количество фирм в этом секторе не играет роли. Можно было бы даже предположить существование единственной фирмы на этом рынке, однако работающей как совершенный конкурент и получающей нулевую прибыль.

Задача минимизации затрат для совершенного конкурента, производящего конечное благо, может быть записана как

$$\min T C_{final} = \int_0^1 p_t^d(j) q_t^d(j) dj + \int_0^1 p_t^{im}(j) q_t^{im}(j) dj \quad (18)$$

при ограничениях, заданных формулами (15), (16) и (17) и где $p_t^d(j)$ – цена внутреннего промежуточного блага фирмы j , $p_t^{im}(j)$ – цена импортного промежуточного блага типа j , и обе цены выражены в валюте данной страны.

В качестве решения указанной задачи могут быть получены функции спроса на каждый вид промежуточной внутренней и импортной продукции:

$$q_t^d(j) = Q_t^d \left(\frac{p_t^d(j)}{P_t^d} \right)^{-\frac{1+v_t}{v_t}} \quad \text{и} \quad (19)$$

$$q_t^{im}(j) = Q_t^{im} \left(\frac{p_t^{im}(j)}{P_t^{im}} \right)^{-\frac{1+v_t}{v_t}} \quad (20)$$

и при этом:

$$Q_t^d = \alpha_d \frac{P_t}{P_t^d} Q_t \quad (21)$$

и:

$$Q_t^{im} = \alpha_{im} \frac{P_t}{P_t^{im}} Q_t \quad (22)$$

где P_t^d – индекс цен внутреннего агрегированного промежуточного блага, P_t^{im} – индекс цен импортного агрегированного промежуточного блага, P_t – цена агрегированного промежуточного блага.

Из того, что стоимость агрегированного промежуточного блага (произведенного внутри страны или импортного) равна стоимости входящих в него компонентов:

$$P_t^d Q_t^d = \int_0^1 p_t^d(j) q_t^d(j) dj \quad (23)$$

$$P_t^{im} Q_t^{im} = \int_0^1 p_t^{im}(j) q_t^{im}(j) dj \quad (24)$$

следует, что индексы цен на используемую в производстве промежуточную продукцию задаются следующим образом:

$$P_t^d = \left(\int_0^1 p_t^d(j)^{-\frac{1}{v_t}} dj \right)^{-v_t} \quad (25)$$

$$P_t = \left(\int_0^1 p_t^{im}(j)^{-\frac{1}{v_t}} dj \right)^{-v_t} \quad (26)$$

Ограничение нулевой прибыли для совершенно конкурентной фирмы требует, чтобы:

$$P_t^d Q_t^d + P_t^{im} Q_t^{im} = P_t Q_t \quad (27)$$

Таким образом, общий уровень цен в национальной экономике определяется как

$$P_t = (P_t^d)^{\alpha_d} (P_t^{im})^{\alpha_{im}} \quad (28)$$

2.2.2. Производство промежуточных благ

Промежуточное благо фирмы j производится с помощью труда и капитала и в соответствии с производственной функцией Кобба – Дугласа:

$$y_t(j) = A_t K_t(j)^\psi L_t(j)^{1-\psi}, 0 < \psi < 1 \quad (29)$$

где $y_t(j)$ – выпуск фирмы j в период t , A_t – параметр технологии, $K_t(j)$ – затраты капитала фирмы j в период t , $L_t(j)$ – затраты агрегированного труда фирмы j в период t , рассчитанные как

$$L_t(j) = \left(\int_0^1 l_t(h, j)^{\frac{1}{1+\gamma}} dh \right)^{1+\gamma} \quad (30)$$

где $l_t(h, j)$ – количество труда типа h , используемое фирмой j в период t . Уравнение динамики параметра технологии будет представлено ниже.

Таким образом, затраты фирмы j в период t могут быть представлены как

$$TC_t(j) = R_t^K K_t(j) + \int_0^1 w_t(h) l_t(h, j) dh, \quad (31)$$

Решение задачи минимизации издержек может быть представлено как

$$L_t(j) = \frac{y_t(j)}{A_t} \left(\frac{\psi}{1-\psi} \cdot \frac{W_t}{R_t^K} \right)^{-\psi} \quad (32)$$

$$K_t(j) = \frac{y_t(j)}{A_t} \left(\frac{\psi}{1-\psi} \cdot \frac{W_t}{R_t^K} \right)^{1-\psi} \quad (33)$$

При этом:

$$l_t(h, j) = L_t(j) \left(\frac{w(h)}{W_t} \right)^{\frac{1+\gamma}{\gamma}} \quad (34)$$

Так как расходы на труд фирмы имеют вид:

$$W_t L_t(j) = \int_0^1 w_t(h) l_t(h, j) dh \quad (35)$$

$$W_t = \left(\int_0^1 w_t(h)^{\frac{1}{\gamma}} dh \right)^{-\gamma} \quad (36)$$

Предельные издержки фирмы j имеют вид:

$$MC(j) = A^{-1} W_t^{1-\psi} R_t^{K\psi} \psi^{-\psi} (1-\psi)^{\psi-1} \quad (37)$$

и являются одинаковыми для всех фирм на рынке, что позволит нам в дальнейшем игнорировать индекс фирмы, кроме того, предельные затраты не зависят от объема выпуска, что позволит нам рассматривать задачу назначения цен для внутренних и экспортируемых промежуточных товаров отдельно друг от друга.

Товары промежуточных фирм могут быть проданы на внутреннем рынке или экспортированы:

$$y_t(j) = q_t^d(j) + q_t^{ex}(j), \quad (38)$$

где $q_t^d(j)$ – это объем промежуточных товаров фирмы j , проданных на внутреннем рынке. $q_t^{ex}(j)$ – это объем промежуточных товаров фирмы j , проданных на экспорт.

Промежуточные товары, проданные на внутреннем рынке, поступают фирмам – производителям конечного блага. Надо отметить, что производители промежуточной продукции имеют возможность проводить ценовую дискриминацию, это означает, что

$$S_t p_t^{ex}(j) \neq p_t^d(j), \quad (39)$$

где $p_t^{ex}(j)$ – цена промежуточного блага фирмы j , проданного на экспорт (в иностранной валюте), $p_t^d(j)$ – цена промежуточного блага фирмы j , проданного на внутреннем рынке фирмам – производителям конечной продукции.

Предпосылка о возможной ценовой дискриминации (в данном случае дискриминация есть результат поведения, описываемого как pricing-to-market [Knetter, 1993]³, основана на большом количестве литературы, как теоретической, так и эмпирической (см., например, [Balassa, 1964; Taylor, Taylor, 2004]), демонстрирующей, что абсолютный ППС действительно не выполняется, по крайней мере в краткосрочном периоде. В данном разделе

³ И как следствие, имеет место нарушение закона единой цены и паритета покупательной способности.

исследования предполагается, что цены как импортируемых, так и экспортируемых товаров являются жесткими, кроме того, они устанавливаются в валюте страны-покупателя.

Другими словами, не только производители промежуточного товара (и экспортеры) являются монополистически конкурентными и могут устанавливать цену своей продукции, но и фирмы, осуществляющие импорт товара. Ценообразование осуществляется по Calvo (1983).

Рассмотрим установление цен на промежуточную продукцию, продаваемую на внутреннем рынке (задача для экспортеров и импортеров аналогична и ее решение будет представлено ниже). Вероятность получения ценового сигнала составляет $1 - \theta_d$. При этом фирмы берут на себя обязательство продать любое количество продукции, на которое будет предъявлен спрос по установленной цене. Предположим, в момент t фирма получает сигнал и может установить новую цену, она выбирает такое значение цены, которое максимизирует ожидаемый дисконтированный поток будущих прибылей:

$$\tilde{p}_t^d = \underset{p_t^d}{argmax} E_t \left[\sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_d^\tau \lambda_{t,t+\tau} \Pi_{t+\tau}^{d,j}(p_t^d) \right] \quad (40)$$

где $\Pi_{t+\tau}^{d,j}$ – прибыль в период t промежуточной фирмы j , продающей свой товар на внутреннем рынке (индекс d). $\lambda_{t,t+\tau}$ – стохастический дисконт-фактор номинальных доходов (pricing kernel), равный межвременной предельной норме замещения в потреблении:

$$\lambda_{t,t+\tau} \equiv \beta^\tau \frac{U_{C,t+\tau}}{U_{C,t}} \cdot \frac{P_t}{P_{t+\tau}} \quad (41)$$

Текущая прибыль промежуточной фирмы j от производства и продажи товара на внутреннем рынке может быть представлена в следующем виде:

$$\Pi_t^d(j) = (p_t^d(j) - MC_t) q_t^d(j) = (p_t^d(j) - MC_t) \left(\frac{p_t^d(j)}{P_t^d} \right)^{\frac{1+v_t}{v_t}} Q_t^d \quad (42)$$

Таким образом, фирма решает задачу максимизации (40) при условии (42).

Из решения этой задачи можно получить условие, определяющее оптимальную цену, устанавливаемую фирмой в период получения информационного сигнала:

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_d^\tau \lambda_{t,t+\tau} (P_{t+\tau}^d)^{\frac{1+v_{t+\tau}}{v_{t+\tau}}} Q_{t+\tau}^d \tilde{P}_t^{-\frac{1+v}{v}-1} \left(\frac{1}{v_{t+\tau}} \tilde{P}_t - \frac{1+v_{t+\tau}}{v_{t+\tau}} MC_{t+\tau} \right) = 0 \quad (43)$$

2.3. Иностранный сектор

2.3.1. Экспорт

Мы предполагаем, что экономическая структура иностранного сектора такая же, как и внутри страны. По аналогии со спросом внутри страны спрос иностранного сектора на агрегированное промежуточное благо данной страны (Q_t^{ex}) может быть записан как

$$Q_t^{ex} = \alpha_{ex} \left(\frac{P_t^{ex}}{P_t^f} \right)^{-\eta} Y_t^f, \quad (44)$$

где P_t^{ex} – это агрегированный уровень цен товаров данной страны, идущих на экспорт, в иностранной валюте, Y_t^f – выпуск конечного блага в стране – торговом партнере.

По аналогии со спросом на отдельный вид промежуточной продукции внутри страны экспортный спрос на отдельный вид j промежуточной продукции ($q_t^{ex}(j)$) может быть задан в виде

$$q_t^{ex}(j) = Q_t^{ex} \left(\frac{p_t^{ex}(j)}{P_t^{ex}} \right)^{-\frac{1+v_t}{v_t}} \quad (45)$$

При этом отдельный вид промежуточной продукции в спросе на экспорт имеет такую же эластичность замещения, как и в спросе внутри страны. Другими словами, величина экспорта агрегированного промежуточного блага задана как

$$Q_t^{ex} = \left(\int_0^1 (q_t^{ex}(j))^{\frac{1}{1+v_t}} dj \right)^{1+v_t} \quad (46)$$

Из того, что

$$P_t^{ex} Q_t^{ex} = \int_0^1 p_t^{ex}(j) q_t^{ex}(j) dj, \quad (47)$$

следует, что:

$$P_t^{ex} = \left(\int_0^1 (p_t^{ex}(j))^{\frac{1}{v_t}} \right)^{-v_t} \quad (48)$$

Так же как и на внутреннем рынке, чтобы иметь возможность поменять цену своей продукции, предназначенной на экспорт, фирма j должна получить ценовой сигнал, вероятность которого равна $1 - \theta_{ex}$.

То есть решая задачу максимизации приведенной прибыли, полученной от экспорта

$$\tilde{p}_t^{ex} = \underset{p_t^{ex}}{argmax} E_t \left[\sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_{ex}^{\tau} \lambda_{t,t+\tau} \Pi_{t+\tau}^{ex,j} (P_t^{ex}) \right], \quad (49)$$

где прибыль от экспорта задается как

$$\Pi_t^{ex}(j) = (S_t P_t^{ex}(j) - MC_t) q_t^{ex}(j) = (S_t P_t^{ex}(j) - MC_t) \left(\frac{P_t^{ex}(j)}{P_t^{ex}} \right)^{\frac{1+v_t}{v_t}} Q_t^{ex} \quad (50)$$

мы получаем, что оптимальное правило установления экспортной цены выглядит следующим образом:

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_{ex}^{\tau} \lambda_{t,t+\tau} (P_{t+\tau}^{ex})^{\frac{1+v_{t+\tau}}{v_{t+\tau}}} Q_{t+\tau}^{ex} \frac{1}{v_{t+\tau}} \tilde{P}_t^{-\frac{1+v_{t+\tau}}{v_{t+\tau}}} P_t^{\frac{1+v_{t+\tau}}{v_{t+\tau}}} (S_{t+\tau} P_{t+\tau} - (1 + v_{t+\tau}) MC_{t+\tau}) = 0 \quad (51)$$

2.3.2. Импорт

Импортирование промежуточной продукции из-за рубежа осуществляется иностранными фирмами, при этом каждая из них импортирует свой вид продукции. По аналогии с внутренними промежуточными товарами отдельный вид импортируемой продукции выступает в качестве несовершенного субститута по отношению к другим. Затраты (в национальной валюте) импортирующей фирмы представляют собой $S_t P_t^f$, а доход $p_t^{im}(j)$. Это означает, что фирмы импортируют общий агрегированный продукт, а затем без дополнительных затрат наделяют его индивидуальными характеристиками, превращая его в дифференцированный. Это, безусловно, не позволяет проанализировать изменение конкурентных преимуществ импортирующих фирм при изменении цены импортируемого товара за границей. Однако без этой предпосылки модель перестает быть решаемой

аналитически в рамках малой открытой экономики. Кроме того, это предположение позволяет в явном виде получить неполный эффект переноса.

Таким образом, мы предполагаем, что импортирующая фирма j самостоятельно назначает цену продукта, но может ее изменять только в период поступления ценового сигнала, что происходит с вероятностью $1 - \theta_{im}$. Если фирма получает возможность выбрать новую цену, то ее значение будет выбрано как

$$\tilde{p}_t^{im} = \underset{p_t^{im}}{argmax} E_t \left[\sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_{im}^{\tau} \lambda_{t,t+\tau} \Pi_{t+\tau}^{im,j}(p_t^{im}) / S_{t+\tau} \right], \quad (52)$$

где прибыль от импорта в национальной валюте задается как

$$\begin{aligned} \Pi_t^{im}(p_t^{im}(j)) &= (p_t^{im}(j) - S_t P_t^f) q_t^{im}(j) \\ &= (p_t^{im}(j) - S_t P_t^f) \left(\frac{p_t^{im}(j)}{P_t^{im}} \right)^{-\frac{1+v}{v}} Q_t^{im} \end{aligned} \quad (53)$$

В таких условиях само значение оптимальной цены импортируемого товара, устанавливаемой фирмой в периоде получения «ценового сигнала»:

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \theta_{im}^{\tau} \lambda_{t,t+\tau} \frac{1}{v_t} (p_{t+\tau}^{im})^{\frac{1+v_t}{v_t}} Q_{t+\tau}^{im} \tilde{p}_t^{im}{}^{-\frac{1+v_t}{v_t}} P_{t+\tau}^f \left(\frac{1}{S_{t+\tau}} - P_{t+\tau}^f (1 + v_t) \tilde{p}_t^{im} \right) = 0 \quad (54)$$

Рассмотрим динамику уровня цен на внутреннее агрегированное благо. Как было указано выше, $\theta_d \subset [0, 1]$ представляет собой долю фирм, не назначающих новую оптимальную цену в период t . Так как все фирмы одинаковы, то все компании, переустанавливающие цену в период t , назначают ее на одном и том же уровне. Следовательно, динамика цен на внутреннее промежуточное агрегированное благо задается как

$$(P_t^d)^{-\frac{1}{v}} = \theta_d (P_{t-1}^d)^{-\frac{1}{v}} + (1 - \theta_d) (\tilde{P}_t^d)^{-\frac{1}{v}} \quad (55)$$

Аналогичные условия действуют для цен агрегированного экспортируемого и агрегированного импортного блага:

$$(P_t^{ex})^{-\frac{1}{v}} = \theta_{ex} (P_{t-1}^{ex})^{-\frac{1}{v}} + (1 - \theta_{ex}) (\tilde{P}_t^{ex})^{-\frac{1}{v}} \quad (56)$$

$$(P_t^{im})^{-\frac{1}{v}} = \theta_{im} (P_{t-1}^{im})^{-\frac{1}{v}} + (1 - \theta_{im}) (\tilde{P}_t^{im})^{-\frac{1}{v}} \quad (57)$$

2.4. Центральный банк

Так как цель данного раздела исследования состоит в оценке DSGE-модели для российской экономики, представляется крайне важным использовать правило центрального банка, отражающее его действительную стратегию. На данный момент в экономической среде не существует консенсуса относительно единого правила, которого бы придерживался ЦБ России.

В «Основных направлений единой государственной кредитно-денежной политики» за разные годы можно прочесть, что основной задачей Центрального банка является снижение инфляции (конкретные цифры незначительно варьируют год от года) и при этом обеспечение устойчивости национальной валюты. Кроме того, каждый год Банк высказывает намерение со временем перейти к политике инфляционного таргетирования⁴.

В частности, в «Основных направлениях единой государственной денежно-кредитной политики на 2012 г. и период 2013 и 2014 гг.» можно прочесть, что «[в предстоящий трехлетний период] в качестве операционного ориентира процентной политики Банк России будет использовать краткосрочную процентную ставку рынка межбанковских кредитов» [Вестник Банка России, 2011, с. 4]. При этом утверждается, что на данный момент операционным ориентиром остается «стоимость бивалютной корзины» [Там же, с. 8]. Кроме того, пока ЦБ РФ публикует ожидаемые показатели прироста денежной массы, определяя их в зависимости от ориентира по инфляции, предполагая, однако, что в будущем «формирование денежного предложения будет происходить в основном за счет увеличения чистых внутренних активов [...] при уменьшении динамики чистых международных резервов» [Там же, с. 21]. Таким образом, становится понятно, что российский ЦБ одновременно преследует несколько целей, и какая из них является наиболее приоритетной в каждый конкретный момент, неочевидно. При этом в арсенале центрального банка имеется широкий выбор инструментов для решения своих задач. В реальности происходит одновременное использование как инструментов процентной (изменение ставок

⁴ В конце 2012 г. было объявлено, что окончательный переход к инфляционному таргетированию Россия осуществит в 2015г., однако намерение осуществить этот переход в ближайшем будущем можно уже найти в «Основных направлениях единой государственной денежно-кредитной политики на 2009 г. и период 2010 и 2011 гг.».

рефинансирования, проведение депозитных операций по фиксированной ставке, операции прямого РЕПО и т.д.), так и валютной политики. Изменение динамики денежной базы обуславливается в значительной степени за счет прямой покупки и продажи иностранной валюты Банком России. При этом Банк не имеет какого-либо правила, определяющего объем продажи или покупки валюты в каждый конкретный момент или, по крайней мере, не афиширует его. Дополнительным важным источником влияния на денежную базу является расширение или сжатие чистого кредита расширенному правительству. В этих условиях представляется сложным сформулировать единообразное правило политики, которому должен был бы подчиняться Центральный банк. В экономической литературе отсутствие консенсуса относительно единого правила ЦБ отразилось в существовании практически полярных мнений относительно наилучших способов моделирования деятельности ЦБ. Так, в работе [Vdovichenko, Voronina, 2006] на основе анализа данных 1999–2003 гг. было показано, что на протяжении указанного периода ЦБ РФ активно регулировал денежное предложение и использование инструментов монетарного регулирования было ограничено интервенциями на валютном рынке и стерилизацией избыточной ликвидности с помощью депозитных операций; при этом авторы утверждают, что в отличие от большинства центральных банков развитых стран учетная ставка (ставка рефинансирования) играет номинальную роль. Таким образом, авторы делают вывод в пользу правила денежного предложения. Напротив, при построении эконометрической модели российской экономики на данных за 1995–2008 гг. в [Benedictow et al., 2013] высказано предположение, что монетарная политика следует простому правилу Тейлора, при котором процентная ставка реагирует на изменение безработицы и инфляции, при этом авторы делают оговорку, что хотя эконометрически подобное правило удовлетворяет статистическим данным, предпосылки, положенные в его основу, едва ли применимы к российским реалиям.

Аналогично в относительно недавнем исследовании [Taro, 2010] успешно оценивает нелинейное правило процентной ставки для России на данных с января 1997 по январь 2007 г. в предпосылке, что отношение центрального банка к разрыву выпуска и инфляции асимметрично.

Наконец, в работе, посвященной определению таргетируемой Центральным банком величины [Yudaeva et al., 2010], авторы показали, что впередсмотрящее правило процентной ставки, аналогичное правилу Тейлора, вполне может быть применимо для описания российских данных. Они оценивают также правила для денежного агрегата вместо процентной ставки, ориентируясь на вышеуказанные работы, в соответствии с которыми влияние процентной ставки на экономику незначительно вследствие слабого развития финансовых рынков. Особенность их работы состоит в использовании ставки прямого

РЕПО, а не межбанковской ставки процента при оценке правила Тейлора. На данных с января 2003 по апрель 2010 г. было показано, что при установлении процентной ставки Центральный банк принимает во внимание ожидаемую инфляцию, выпуск и валютный курс. Кроме того, происходит смягчение колебаний процентной ставки для сокращения избыточной волатильности. Правило для денежной базы не подтверждает гипотезу о том, что Центральный банк пытается поддерживать выпуск, однако активно реагирует на инфляцию. В статье не отдано предпочтение ни одному из оцененных правил. Однако тот факт, что существуют работы, показывающие, что правило российского Центрального банка может рассматриваться как стандартное правило Тейлора для процентной ставки, позволяет нам в данной работе моделировать монетарную политику именно в такой форме.

Мы предполагаем, что монетарная политика подчиняется следующему правилу:

$$R_t = R_{t-1}^{\bar{R}^{1-z_1}} (\pi_t/\bar{\pi})^{(1-z_1)z_2} (Y_t/\bar{Y})^{(1-z_1)z_3} \varepsilon_m \quad (58)$$

где $R_t = 1 + i_t^d$ и ε_m – шок монетарной политики⁵.

2.5. Условия равновесия рынков

В экономике каждый период должны соблюдаться равновесия на товарном, финансовом и денежном рынках, также должно соблюдаться тождество платежного баланса. Промежуточные блага, произведенные внутри экономики, либо потребляются внутри страны, либо экспортируются:

$$Y_t = Q_t^d + Q_t^{ex} \quad (59)$$

Конечное благо поступает на потребление домашних хозяйств и инвестиции:

$$Q_t = C_t + I_t \quad (60)$$

Уравнение платежного баланса может быть выведено из бюджетного ограничения домашних хозяйств (5) и уравнения распределения валового выпуска (59). Уравнение платежного баланса имеет вид

$$P_t^{ex} Q_t^{ex} + O_t - \frac{1}{S_t} P_t^{im} Q_t^{im} - D_t^* + (1 + i_{t-1}^f) D_{t-1}^* = 0 \quad (61)$$

Из этого соотношения следует, что неявно мы предполагаем свободно плавающий валютный курс. Отдавая себе отчет в том, что эта предпосылка едва ли описывает

⁵ В логлинеаризованном виде это уравнение принимает более привычный и распространенный в литературе вид: $\hat{R}_t = z_1 \hat{R}_{t-1} + z_2 \hat{\pi}_t + z_3 \hat{Y}_t + \varepsilon_m$ (см., например, [Rabanal, Rubio-Ramirez, 2005]).

российские реалии, мы считаем, что усложнение модели необязательно должно привести к более точной оценке параметров.

Мы предполагаем, что все экзогенные шоки кроме наценки и монетарной политики задаются процессами $AR(1)$, тогда как шок наценки и монетарной политики являются *iid* процессами:

$$\log A_t = \rho_a \log A_{t-1} + (1 - \rho_a) \log \bar{A} + \varepsilon_a \quad (62)$$

$$\log O_t = \rho_o \log O_{t-1} + (1 - \rho_o) \log \bar{O} + \varepsilon_o \quad (63)$$

$$\log Y_t^f = \rho_{yf} \log Y_{t-1}^f + (1 - \rho_{yf}) \log \bar{Y}^f + \varepsilon_y \quad (64)$$

$$\log \pi_t^f = \rho_{\pi f} \log \pi_{t-1}^f + (1 - \rho_{\pi f}) \log \bar{\pi}^f + \varepsilon_{\pi} \quad (65)$$

$$\log R_t^f = \rho_{Rf} \log R_{t-1}^f + (1 - \rho_{Rf}) \log \bar{R}^f + \varepsilon_R \quad (66)$$

$$\log \epsilon_t^b = \rho_b \log \epsilon_{t-1}^b + (1 - \rho_b) \log \bar{\epsilon}^b + \varepsilon_b \quad (67)$$

$$\log \epsilon_t^l = \rho_l \log \epsilon_{t-1}^l + (1 - \rho_l) \log \bar{\epsilon}^l + \varepsilon_l \quad (68)$$

$$\log \epsilon_t^p = \rho_p \log \epsilon_{t-1}^p + (1 - \rho_p) \log \bar{\epsilon}^p + \varepsilon_p \quad (69)$$

$$\log \varepsilon_t^m = \varepsilon_z \quad (70)$$

$$\log v_t = \log \bar{v} + \varepsilon_v \quad (71)$$

Наконец, реальный ВВП в модели равен:

$$GDP_t = Q_t + \frac{S_t P_t^{ex} Q_t^{ex} + S_t O_t - P_t^{im} Q_t^{im}}{P_t} \quad (72)$$

3. Решение, калибровка параметров модели и симуляция модели

3.1. Стационарное состояние и калибровка параметров

Для того чтобы найти решение модели, мы вначале нормируем все номинальные переменные к внутреннему или внешнему уровню цен⁶ и линеаризуем получившуюся нелинейную систему в окрестности нестохастического стационарного состояния. Мы принимаем предположение, что в стационарном состоянии сальдо текущих операций (с учетом нефтяных доходов) равно нулю, кроме того мы предполагаем, что $\eta = 1$; этих предположений оказывается достаточно, чтобы в явном виде вывести стационарное состояние для всех переменных. Таблица нормализации приведена в Приложении А, а получившаяся логлинеаризованная система – в Приложении Б.

Решение модели проводилось в Dynare по методу Симса.

⁶ Для модели в том виде, в котором она записана сейчас, приведение номинальных переменных к реальным не является критически важным. Однако в будущем предполагается провести сравнение результатов тестирования моделей с разными правилами, и для тестирования некоторых других моделей такой переход будет оправдан.

Выбирая значения параметров, мы следуем работам [Kollmann, 2001; Smets, Wouters, 2003; Dam, Linaa, 2005; Rabanal, Rubio-Ramirez, 2005].

Таблица 1. Калибровка параметров

Параметр	Значение	Параметр	Значение	Параметр	Значение
β	0,99	ν	0,2	z_3	1,125
δ	0,0025	γ	0,2	ρ_{yf}	0,85
ψ	0,33	σ_1	1	$\rho_{\pi f}$	0,85
θ_d	0,75	σ_2	2	ρ_b	0,85
θ_{ex}	0,75	ν	0,7	ρ_l	0,85
θ_{im}	0,75	ω	0,0019	ρ_a	0,85
θ_w	0,75	φ	15	ρ_o	0,76
α_d	0,74	z_1	0,5	ρ_{if}	0,85
$\tilde{\theta}$	1,132	z_2	1,5	ρ_{rp}	0,85

Таким образом, мы фиксируем параметр дисконт-фактора β на уровне 0,99 (что означает, что реальная процентная ставка в стационарном состоянии примерно равна 4% в год) и норму амортизации на уровне 0,0025. Мы предполагаем, что коэффициент эластичности производственной функции по капиталу ψ равен 0,33, что отражает существующий в экономической литературе консенсус, что доля труда в общих доходах составляет около двух третей. Предполагая, что все параметры жесткости цен и заработных плат равны 0,75, мы принимаем предпосылку, что контракты пересматриваются в среднем один раз в год. Мы фиксируем долю национальных промежуточных товаров в конечном выпуске на уровне 0,74 в соответствии с расчетами, проведенными в наших прежних работах для России [Громова и др., 2008; Малаховская, 2013]⁷. Система уравнений включает значение нефтяных доходов в стационарном состоянии ($\bar{O}$), которое неизвестно. Для преодоления этой проблемы мы переписываем систему, используя $\tilde{\theta} = \frac{\bar{O}}{\rho_{ex} Q_{ex}}$ и калибруем $\tilde{\theta}$ как среднее значение экспорта ресурсов (сырая нефть, нефтепродукты и природный газ) в стоимостном выражении к нересурсному экспорту (общие доходы от экспорта за исключением доходов от экспорта сырой нефти, нефтепродуктов и природного газа) за оцениваемый период. Мы также предполагаем, что параметры надбавки цен и заработных плат равны 0,2 в соответствии с [Dam, Linaa, 2005]. Мы калибруем параметры функции полезности (σ_1, σ_2, ν) на основе работы [Smets, Wouters, 2003]. $\sigma_1 = 1$ означает, что межвременная эластичность замещения равна единице, а эластичность предложения труда

⁷ Используемое нами значение практически не отличается от соответствующего показателя, рассчитанного по данным Великобритании и Германии – 0,75 [Kollmann, 2001].

равна 0,5, что не противоречит существующим микроэкономическим оценкам этого параметра. Мы следуем работам [Dam, Linaa, 2005; Lane, Milesi-Ferretti, 2001], устанавливая параметр мобильности капитала (ω) на уровне 0,0019. Параметр приспособления капитала фиксируется на уровне 15, что обеспечивает разумное соотношение волатильности инвестиций к волатильности выпуска [Kollmann, 2001]. Параметры монетарного правила устанавливаются по аналогии с работой Rabanal, Rubio-Ramirez (2005). Все авторегрессионные коэффициенты для экзогенных процессов, кроме переменной доходов от экспорта ресурсов, равны 0,85, так же, как и в работах [Smets, Wouters, 2003; Dam, Linaa, 2005]. Авторегрессионный коэффициент для переменной доходов от экспорта ресурсов фиксируется на уровне, соответствующем МНК-оценке в AR(1)-модели. Стандартное отклонение (σ_{eo}) также фиксируется на уровне несмещенной оценки.

Для построения AR(1)-модели были использованы данные о доходах России от экспорта сырой нефти, нефтепродуктов и природного газа. Это обусловлено тем, что в модели выпуск нефти предполагается постоянным, а все изменение доходов домашних хозяйств происходит из-за изменения ее цены, кроме того, в модели предполагается наличие только одного источника сырьевого экспорта. Использование переменных экспортных доходов вместо цены позволяет также учесть важную роль природного газа, что, безусловно, важно для правильной оценки. Источником данных послужила информация о платежных балансах Российской Федерации, предоставленная ЦБ России, ряд был прологарифмирован и очищен от линейного тренда.

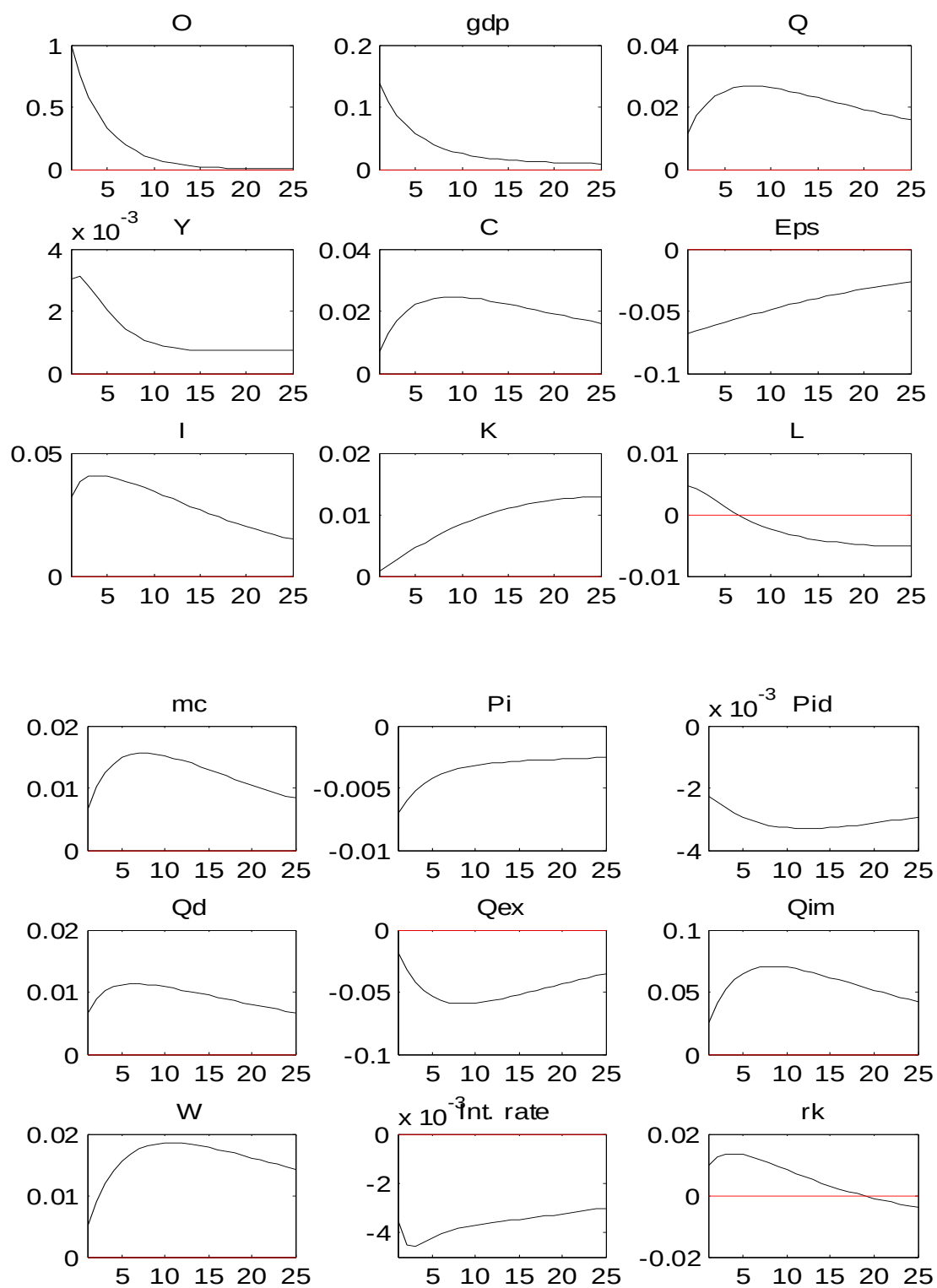


Рис. 1. Эффект шока сырьевых доходов

3.2. Анализ с помощью функций импульсного отклика

После оценки модели с помощью VAR была проанализирована реакция экономики на шоки⁸.

На рис. 1 приведена динамика основных макропоказателей в ответ на рост доходов от экспорта ресурсов. Увеличение доходов домашних хозяйств увеличивает потребление и спрос на товарном рынке. Это, в свою очередь, приводит к увеличению спроса на капитал и инвестиции. Рост инвестиций постепенно приводит к повышению уровня капитала. Существование издержек регулирования приводит к тому, что капитал приспосабливается медленно, и непосредственно после шока рост спроса на товарном рынке отражается также на повышении заработной платы и занятости. Однако с течением времени занятость сокращается и после пятого квартала опускается ниже начального уровня. Возможно, такая динамика занятости может быть объяснена эффектом дохода. Увеличение спроса на ресурсы приводит к росту зарплаты и росту арендной стоимости капитала и, как следствие, к росту предельных издержек. Рост доходов от экспорта приводит к удорожанию национальной валюты. Это, в свою очередь, сокращает несырьевой экспорт и увеличивает импорт. В количественном плане особенно сильный эффект рост сырьевых доходов оказывает на ВВП, реальный валютный курс, инвестиции, спрос на импортные блага со стороны внутренних агентов и спрос на экспорт со стороны внешнего мира. При этом внутреннее производство имеет хоть и положительный и устойчивый, но небольшой по своей величине эффект.

На рис. 2 отражен эффект монетарной политики. Ее ужесточение, выраженное в росте процентной ставки, приводит к падению всех переменных деловой активности в экономике. Рост процентной ставки сокращает спрос на капитал и инвестиции. С другой стороны, происходит падение потребительских расходов. В итоге уменьшается объем капитала и занятость. Ужесточение монетарной политики приводит к удорожанию национальной валюты, что, в свою очередь, сокращает экспорт. Несмотря на реальное удорожание национальной валюты, импорт также сокращается в краткосрочном периоде, что может объясняться общим падением спроса на конечную продукцию, что приводит к сокращению спроса как на внутреннюю промежуточную, так и на импортную промежуточную продукцию. В общем и целом результаты не противоречат стандартным представлениям о механизме денежной трансмиссии.

⁸ Модель позволяет проанализировать влияние на экономику всех 10 шоков, здесь для экономии места мы приводим функции импульсного отклика для шока сырьевых доходов. Функции импульсного отклика для других шоков могут быть высланы по запросу.

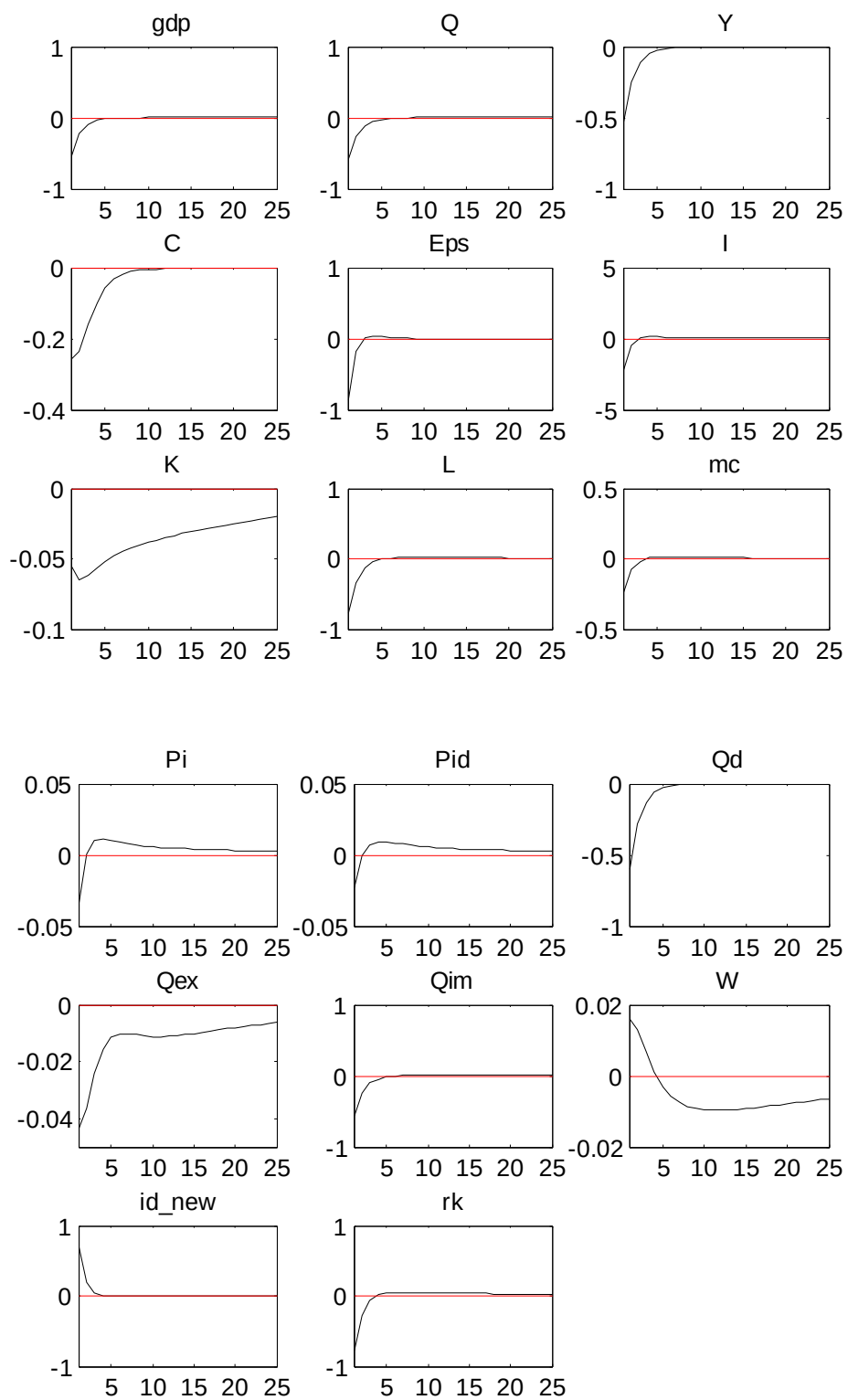


Рис. 2. Эффект шока монетарной политики

4. Заключение

В данной статье была построена DSGE – модель, учитывающая два типа экспорта – товарный и сырьевой экспорт. Теоретическая модель базируется на работах [Kollman, 2001; Dam, Linaa, 2005]; нововведением является рассмотрение доходов от экспорта сырья, которые, по введенной предпосылке, достаются напрямую домашним хозяйствам. При калибровке параметра, отвечающего за относительную важность сырьевого сектора по отношению к несырьевому, мы использовали российские данные. Однако модель достаточно общая и может быть оценена или калибрована для любой экспортоориентированной экономики.

После калибровки модели была проведена ее симуляция. Анализ взаимосвязей между переменными в модели проводился с помощью функций импульсного отклика. Полученные результаты легко интерпретируются и соответствуют макроэкономической теории.

Работа воспринимается как важный шаг к созданию модели общего равновесия, которую можно будет использовать как для симуляции эффектов политики, так и для построения прогнозов по аналогии с теми моделями, которые в настоящее время активно применяются различными центральными банками за границей. Наиболее важным направлением дальнейшей работы мы считаем оценку модели по российским данным, например, с помощью методов байесовской эконометрики. Кроме того, было бы интересно получить количественную оценку важности шока сырьевых доходов в распространении деловых колебаний в нашей стране. Этот вопрос будет затронут в наших будущих исследованиях.

Литература

1. Вестник Банка России: нормативные акты и оперативная информация Центрального банка Российской Федерации (2011) Центральный банк Российской Федерации.
2. Громова Е., Заиченко (Малаховская) О., Сосунов К. (2009) Эмпирический анализ оптимальной политики в России: новый кейнсианский подход: Препринт WP12/2009/01. М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
3. Малаховская О. (2013) Валютная политика в странах с несовершенными финансовыми рынками в условиях негативных шоков платежного баланса: Препринт WP12/2013/01. М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
4. Balassa B. (1964) The Purchasing Power Doctrine: A Reappraisal // Journal of Political Economy. Vol. 72. Issue 6. P. 584–596.
5. Batte L., Bénassy-Quéré A., Carton B., Dufrénot G. (2009) Term of Trade Shocks in a Monetary Union: An Application to West Africa: CEPPI Working Paper No. 2009-07.
6. Benedictow A., Fjaertoft D., Lofsnaes O. (2013) Oil dependency of the Russian economy: An econometric analysis // Economic Modelling. No. 32. P. 400–428.
7. Benigno P. (2001) Price Stability with Imperfect Financial Integration // Journal of Money, Credit and Banking. Vol. 41. Issue 1. P. 121–149.
8. Calvo, G. (1983) Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework // Journal of Monetary Economics. Vol. 12. Issue 3. P. 383–398.
9. Christiano L., Eichenbaum M., Evans C. (2005) Nominal Rigidities and the Dynamic Effects to a Shock of Monetary Policy // Journal of Political Economy. Vol. 113. No. 1. P. 1–45.
10. Christoffel K, Coenen G., Warne A. (2008) The New Area-Wide Model of the Euro-Area. A Micro-founded Open-Economy Model for Forecasting and Policy Analysis: ECB Working paper No. 944.
11. Curdia V., Finocchiaro D. (2005) An Estimated DSGE Model for Sweden with a Monetary Regime Change / Institute for International Economic Studies Seminar Paper No. 740.
12. Dam N., J. Linaa (2005) Assessing the Welfare Cost of a Fixed Exchange Rate Policy: EPRU Working Paper 2005-4, University of Copenhagen.
13. Erceg C., Henderson D., Levin A. (2000) Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts. Vol. 46. Issue 2. P. 281–313.
14. Gali J. (2008) Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework. Princeton University Press.
15. Knetter (1993) International Comparisons of Pricing-to-Market Behavior // American Economic Review. June. P. 473–486.

16. Kollmann R. (2001) Exchange in a Dynamic-Optimizing Business Cycle with Nominal Rigidities: a Quantitative Investigation // *Journal of International Economics*. P. 243–262.
17. Lane P., Milei-Ferretti (2001) Long-term capital movements: NBER Working Paper 8366, National Bureau of Economic Research.
18. Lindé J., Nessen M., Söderström U. (2009) Monetary Policy in an Estimated Open-Economy Model with Imperfect Pass-Through // *International Journal of Finance and Economics*. Vol. 14. Issue 4. P. 301–333.
19. Rabanal P., Rubio-Ramirez J. (2005) Comparing New Keynesian models of business cycles // *Journal of Monetary Economics*. No. 52. P. 1151–1166.
20. Schmitt-Grohe S., Uribe M. (2003) Closing Small Open Economy Models // *Journal of International Economics*. Vol. 61. Issue 1. P. 163–185.
21. Smets F., Wouters R. (2003) An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area // *Journal of the European Economic Association*. Vol. 1. Issue 3. P. 1123–1175.
22. Smets F., Wouters R. (2007) Shocks and Frictions in US Business Cycles: a Bayesian DSGE Approach: ECB Working paper No. 722.
23. Taro I. (2010) Interest rate rule for the Russian monetary policy: non-linearity and asymmetry // *Hitotsubashi Journal of Economics*. No. 51. P. 1–11.
24. Taylor A., Taylor M. (2004) The Purchasing Power Parity Debate // *Journal of Economic Perspectives*. No. 18. P. 135–158.
25. Tovar C. (2009) DSGE Models and Central Banks // *Economics: The Open-Access, Open Assessment E-Journal*. Vol. 3.
26. Vdovichenko A., Voronina V. (2006) Monetary policy rules and their application in Russia // *Research in International Business and Finance*. No. 20. P. 145–162.
27. Yudaeva K., Ivanova N., Kamenskikh M. (2010) What does the Bank of Russia target? // Technical report, Center for Macroeconomic Research, Sberbank.

Приложение А

Нормализация

$$p_t^d = \frac{P_t^d}{P_t}$$

$$p_t^{ex} = \frac{P_t^{ex}}{P_t^f}$$

$$p_t^{im} = \frac{P_t^{im}}{P_t}$$

$$r_t^K = \frac{R_t^K}{P_t}$$

$$w_t = \frac{W_t}{P_t}$$

$$mc_t = \frac{MC_t}{P_t}$$

$$\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

$$\pi_t^f = \frac{P_t^f}{P_{t-1}^f}$$

$$\pi_t^d = \frac{P_t^d}{P_{t-1}^d}$$

$$\varepsilon_t = \frac{S_t P_t}{P_t^f}$$

$$o_t = \frac{O_t}{P_t^f}$$

$$d_t^f = \frac{D_t^f}{P_t^f}$$

Приложение Б

Логлинеаризованная система модели

$$\hat{Q}_t^d = \hat{Q}_t - \hat{p}_t^d$$

$$\hat{Q}_t^{im} = \hat{Q}_t - \hat{p}_t^{im}$$

$$\hat{Q}_t^{ex} = \hat{Y}_t^f - \hat{p}_t^{ex}$$

$$\alpha_d \hat{p}_t^d + \alpha_{im} \hat{p}_t^{im} = 0$$

$$\hat{L}_t = \hat{r}_t^K - \hat{w}_t + \hat{K}_t$$

$$\hat{K}_t = -\hat{A}_t + (1 - \psi)\theta(\hat{w}_t - \hat{r}_t^K) + \hat{Y}_t$$

$$\widehat{mc}_t = -\hat{A}_t + (1 - \psi)\hat{w}_t + \psi\hat{r}_t^K$$

$$\hat{p}_t^d - \theta_d \hat{p}_{t-1}^d + \theta_d \hat{\pi}_t = (1 - \theta_d)(1 - \beta\theta_d)\widehat{mc}_t + \beta\theta_d E_t(\hat{p}_{t+1}^d - \theta_d \hat{p}_t^d + \hat{\pi}_{t+1})$$

$$\hat{p}_t^{ex} - \theta_{ex} \hat{p}_{t-1}^{ex} + \theta_{ex} \hat{\pi}_t^f = (1 - \theta_{ex})(1 - \beta\theta_{ex})(\widehat{mc}_t - \hat{\varepsilon}_t) + \beta\theta_{ex} E_t(\hat{p}_{t+1}^{ex} - \theta_{ex} \hat{p}_t^{ex} + \hat{\pi}_{t+1}^f)$$

$$\hat{p}_t^{im} - \theta_{im} \hat{p}_{t-1}^{im} + \theta_{im} \hat{\pi}_t = (1 - \theta_{im})(1 - \beta\theta_{im})\hat{\varepsilon}_t + \beta\theta_{im} E_t(\hat{p}_{t+1}^{im} - \theta_{im} \hat{p}_t^{im} + \hat{\pi}_{t+1})$$

$$\begin{aligned} \hat{w}_t - \theta_w \hat{w}_{t-1} + \theta_w \hat{\pi}_t = \\ = \frac{(1 - \theta_w)(1 - \beta\theta_w)\gamma}{(1 + \gamma)\sigma_2 + \gamma} \left(\hat{\varepsilon}_t^l + \frac{1 + \gamma}{\gamma} \sigma_2 \hat{w}_t + \sigma_2 \hat{L}_t + \frac{\sigma_1}{1 - \nu} (\hat{C}_t - \nu \hat{C}_{t-1}) \right) \\ + \beta\theta_w E_t(\hat{w}_{t+1} - \theta_w \hat{w}_t + \theta_w \hat{\pi}_{t+1}) + \beta\theta_w E_t((1 - \theta_w)\hat{\pi}_{t+1}) \end{aligned}$$

$$\hat{U}_{c,t} = \hat{\varepsilon}_t^b - \frac{\sigma_1}{1 - \nu} (\hat{C}_t - \nu \hat{C}_{t-1})$$

$$E_t(\hat{U}_{c,t+1} - \hat{\pi}_{t+1}) + \hat{l}_t = \hat{U}_{c,t}$$

$$E_t(\hat{U}_{c,t+1} + \hat{\varepsilon}_{t+1} - \hat{\pi}_{t+1}^f) + \hat{l}_t^* = \hat{U}_{c,t} + \hat{\varepsilon}_t$$

$$\hat{U}_{c,t} + \phi(\hat{K}_{t+1} - \hat{K}_t) = E_t(\hat{U}_{c,t+1} + \beta r^K \hat{r}_{t+1}^K + \beta\phi\hat{K}_{t+2} - \beta\phi\hat{K}_{t+1})$$

$$\hat{K}_{t+1} = (1 - \delta)\hat{K}_t + \delta\hat{I}_t$$

$$\hat{\rho}_t = -\frac{\omega P^f}{P^{ex} Q^{ex}} \hat{d}_t^f + \epsilon_\rho$$

$$\hat{l}_t = z_1 \hat{l}_{t-1} + (1 - z_1)z_2 \hat{\pi}_t + (1 - z_1)z_3 \hat{Y}_t + \epsilon_m$$

$$\hat{Y}_t = \frac{Q^d}{Y} \hat{Q}_t^d + \frac{Q^{ex}}{Y} \hat{Q}_t^{ex}$$

$$\hat{Q}_t = \frac{C}{Q} \hat{C}_t + \frac{I}{Q} \hat{I}_t$$

$$p^{ex} Q^{ex} (\hat{p}_t^{ex} + \hat{Q}_t^{ex}) + o\hat{o}_t - \frac{p^{im} Q^{im}}{\varepsilon} (\hat{p}_t^{im} + \hat{Q}_t^{im} - \hat{\varepsilon}_t) - \hat{d}_t^f + \hat{\imath}_t^* \hat{d}_{t-1}^f = 0$$

$$\widehat{gdp}_t = \widehat{Q}_t + \frac{\varepsilon p^{ex} Q^{ex}}{Q} (\hat{\varepsilon}_t + \hat{p}_t^{ex} + \hat{Q}_t^{ex}) + \frac{\varepsilon o}{Q} (\hat{\varepsilon}_t + \hat{o}_t) - \frac{p^{im} Q^{im}}{Q} (\hat{p}_t^{im} + \hat{Q}_t^{im})$$

$$\hat{\imath}_t^* = \hat{\rho}_t + \hat{\imath}_t^f$$

$$\hat{\pi}_t^d = \hat{p}_t - \hat{p}_{t-1} + \hat{\pi}_t$$

$$\hat{\epsilon}_t^b = \rho_b \epsilon_{t-1}^b + \varepsilon_t^b$$

$$\hat{\epsilon}_t^l = \rho_b \epsilon_{t-1}^l + \varepsilon_t^l$$

$$\hat{A}_t = \rho_a \hat{A}_{t-1} + \varepsilon_t^a$$

$$\hat{\imath}_t^f = \rho_{if} \hat{\imath}_{t-1}^f + \varepsilon_t^{if}$$

$$\hat{\pi}_t^f = \rho_{pf} \pi_{t-1}^f + \varepsilon_t^{\pi f}$$

$$\hat{y}_t^f = \rho_{yf} y_{t-1}^f + \varepsilon_t^{yf}$$

$$\hat{o}_t = \rho_o o_{t-1} + \varepsilon_t^o$$

$$\hat{\epsilon}_{\rho,t} = \rho_\rho \hat{\epsilon}_{\rho,t-1} + \varepsilon_t^\rho$$

Препринт WP12/2013/04
Серия WP12
Научные доклады
Лаборатории макроэкономического анализа

Малаховская Оксана Анатольевна,
Минабутдинов Алексей Рафаилович

**Динамическая стохастическая модель общего равновесия
экспорториентированной экономики**