

Мухамедиев Б.М.

**Модель динамического  
стохастического общего  
равновесия нескольких стран**

В современном мире экономики всех стран взаимозависимы. Разработана модель динамического стохастического общего равновесия нескольких стран, которая является развитием модели двух стран Obstfeld&Rogoff (2001) и ее вариантов. В каждой стране потребляются отечественные и иностранные товары. Жесткость цен моделируется применением подхода Calvo. Оценка модели и анализ влияния внутренних и внешних шоков выполнены для экономики Казахстана и его основных торговых партнеров.

**Ключевые слова:** открытая экономика, модель нескольких стран, динамическое равновесие, стохастическая модель, монетарная политика, макроэкономические шоки.

Muhamediev B.M.

**Multiple regions dynamic  
stochastic general equilibrium  
model**

In today's world there is interdependency between all economies. We have developed multiple regions dynamic stochastic general equilibrium model, which is the development of a model of two countries (Obstfeld & Rogoff, 2001) and its subsequent variants. In each country domestic and foreign goods are consumed. Price rigidity is modeled by applying the Calvo pricing. Model evaluation and analysis of the impact of internal and external shocks is carried out for the economy of Kazakhstan and its major trading partners.

**Key words:** open economy, model of several countries, dynamic equilibrium, stochastic model, monetary policy, macroeconomic shocks.

Мухамедиев Б.М.

**Бірнеше ел үшін динамикалық  
стохастикалық  
жалпы тепе-теңдік моделі**

Қазіргі заманда барлық елдердің экономикалары өзара байланысты. Мақалада жалпытеңдіктің динамикалық стохастикалық бірнеше елдердің моделі құрылған. Ол Obstfeld&Rogoff (2001) екі региондық моделі және оның басқа варианттарының дамуы болып табылады. Бағалардың тұрақтылығы Calvo әдісімен модельге енгізілген. Қазақстан экономикасы және оның сауда серіктестері үшін модельді бағалауы және ішкі мен сыртқы талдырмалар ықпалдарының талдауы жүргізілген.

**Түйін сөздер:** ашық экономика, бірнеше ел моделі, динамикалық тепе-теңдік, стохастикалық модель, монетарлық саясат, макроэкономикалық шоктар.

**МОДЕЛЬ  
ДИНАМИЧЕСКОГО  
СТОХАСТИЧЕСКОГО  
ОБЩЕГО  
РАВНОВЕСИЯ  
НЕСКОЛЬКИХ СТРАН**

Глобализация ведет к усилению взаимозависимости экономического развития всех стран. В частности, все экономики подвержены влиянию колебаний цены нефти, как ее импортеры, так и экспортеры. В настоящей статье представлена модель динамического стохастического общего равновесия нескольких стран, которая является развитием модели для двух стран Obstfeld M. and Rogoff K. (2001), Gorsetti C. and Pezenty P. (2001) и последующих статей Kolasa M. (2008), Gunter U. (2009), Smets F. And Wouters R. (2002) [1-5]. В каждой стране потребляются отечественные и иностранные товары. Для производства фирмы используют труд. Номинальная жесткость цен моделируется с использованием механизма Кальво.

Основу теории динамических стохастических моделей общего равновесия (DSGE) заложили в 1982 г. Kydland F.E., Prescott E.C. [6], предложившие использовать их для изучения деловых циклов. Они основаны на микроэкономическом анализе агентов, оптимизирующих свое поведение в условиях гибких цен. Гибкость цен оставляет возможность только для реальных величин вызывать колебания в экономике. Это могут быть технологические шоки или резкие изменения государственных расходов.

Затем динамические модели общего равновесия со стохастическими шоками были усовершенствованы. В модели были включены элементы кейнсианского подхода, содержащие в себе номинальные жесткости. В работе Calvo G. (1983) был предложен механизм формирования цен как определенный стохастический процесс принятия решений фирмами об изменении цены или ее сохранении на прежнем уровне [7]. Такие модели получили название новых кейнсианских DSGE моделей. В них учитываются микроэкономические основы принятия решений домохозяйствами, оптимизационное поведение монополистически конкурентных фирм и регулирующие функции государства. Благодаря номинальной жесткости цен и заработной платы достигается требуемое соответствие результатов расчетов по модели с реальными данными краткосрочных макроэкономических колебаний в экономике.

Принципиальное преимущество моделей динамического стохастического общего равновесия состоит в том, что они не попадают под критику Лукаса [8], которая применима ко всем эконометрическим моделям. Так, например, часто применяемые метод векторной авторегрессии и модель коррекции ошибок, хотя иногда оказываются полезными, имеют существенные недостатки [9]. В них не учитываются инфляционные ожидания, которые играют важнейшую роль в поведении агентов.

Среди наиболее известных моделей, созданных за последние два десятилетия и предназначенных для анализа политики и прогнозирования, можно назвать разработки центральных банков Европы [10], развивающихся стран [11]. Другие модели DSGE представлены в работах [12], [13].

*Модель.* В каждой стране потребляются отечественные и иностранные товары. Для производства фирмы используют труд. Номинальная жесткость цен моделируется с использованием механизма Кальво. Считается, что население мира состоит из континуума бесконечно долго живущих домохозяйств, проиндексированных через  $i \in [0, 1]$ . Домохозяйства в каждой стране имеют одинаковые предпочтения. В мире есть  $k$  стран. В стране  $k$  домохозяйства проиндексированы как  $i \in J_k$ . Множества  $J_k, k = 1, 2, \dots, K$ , не пересекаются и покрывают всю совокупность домохозяйств. Через  $n_k$  обозначим меру множества  $J_k$ , которая отражает численность населения страны  $k$ .

*Потребление.* В стране  $k$  композитный индекс потребления определяется в предположении, что все товары торгуемые и торговые издержки игнорируются:

$$C_k = \left( \sum_{l=1}^k n_l^{\frac{1}{\mu}} C_{kl}^{\frac{\mu-1}{\mu}} \right)^{\frac{\mu}{\mu-1}} \quad (1)$$

где  $C_{kl}$  – композитный индекс потребления товаров в стране  $k$ , произведенных в стране  $l$ ,

$\mu$  – параметр, отражающий эластичность замещения между различными наборами товаров.

Представительное домохозяйство максимизирует  $C_k$  при ограничении

$$\sum_{l=1}^k P_{kl} C_{kl} = P_k C_k, \quad (2)$$

где  $P_{kl}$  – индекс цен товаров из страны  $l$  в валюте страны  $k$ ,

$P_k$  – индекс цен всех товаров, потребляемых в стране  $k$ . Запишем необходимое условие для задачи максимизации (1) при ограничении (2), и после преобразований получим, что в пределе по  $\mu$ , стремящемся к 1, композитный индекс потребления товаров в стране  $k$ , произведенных в стране  $l$ ,

$$C_k = \prod_{l=1}^K \frac{C_{kl}^{n_l}}{n_l^{n_l}} = \frac{C_{k1}^{n_1} C_{k2}^{n_2} \dots C_{kK}^{n_K}}{n_1^{n_1} n_2^{n_2} \dots n_K^{n_K}} \quad (3)$$

а индекс потребительских цен в стране  $k$  равен

$$P_k = \prod_{l=1}^K P_{kl}^{n_l} \quad (4)$$

Теперь, подставив выражение (4) в равенство (3), найдем формулу для индекса потребления товаров из страны  $l$  в стране  $k$ :

$$C_{kl} = n_l \left( \frac{P_{kl}}{P_k} \right)^{-1} C_k, \quad k, l = 1, \dots, K. \quad (5)$$

Здесь и везде далее индекс периода  $t$  опускается, если это несущественно. Индекс потребления товаров в стране  $k$ , произведенных в стране  $l$ , равен:

$$C_{kl} = \left[ \left( \frac{1}{n_l} \right)^{\frac{1}{\mu}} \int_J C_k(i)^{\frac{\mu-1}{\mu}} di \right]^{-1} \quad (6)$$

где  $C_k(i)$  – потребление товара  $i$  в стране  $k$ . Представительное домохозяйство максимизирует  $C_{kl}$  по  $C_k(i), i \in J_l$  при условии

$$P_{kl} C_{kl} = \int_{J_l} P_k(i) C_k(i) di, \quad (7)$$

где  $P_k(i)$  – цена товара  $i$  в стране  $k$ , а  $P_{kl}$  – индекс цен товаров из страны  $l$  в стране  $k$ . Условие оптимальности первого порядка после преобразований приводит к формуле

$$C_k(i) = \frac{1}{n_l} \left[ \frac{P_k(i)}{P_{kl}} \right]^{-1} C_{kl} \quad (8)$$

для  $i = J_l, k, l = 1, 2, \dots, K$ . Мировое потребление товара  $i$ , следуя Obstfeld M. & Rogoff K. [1], запишем в виде

$$C^w(i) = \sum_{k=1}^K n_k C_k(i).$$

Учтем что  $P_k(i) = \varepsilon_{kl} P_l(i)$ ,  $P_{kl} = \varepsilon_{kl} P_{ll}$ ,  $P_k = \varepsilon_{kl} P_l$ , где  $\varepsilon_{kl}$  – номинальный обменный курс стран  $k$  и  $l$ , количество денежных единиц страны  $k$  за денежную единицу страны  $l$ . Тогда

$$U_{kt} = E_t \left\{ \sum_{s=t}^{\infty} \beta^{s-t} \left[ \frac{C_{ks}^{1-\rho}}{1-\rho} + \frac{\omega_k}{1-\delta} \left( \frac{M_{ks}}{P_{ks}} \right)^{1-\delta} - \vartheta_k \frac{L_{ks}^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \right\}, \quad (10)$$

где  $C_{ks}$  – реальное потребление,  $\frac{M_{ks}}{P_{ks}}$  – реальные денежные остатки,  $P_{ks}$  – индекс потребительских цен в стране  $k$ ,  $L_{ks}$  – это затраты труда в периоде времени  $s$ . Параметр  $\beta$ ,  $0 < \beta < 1$ , представляет собой межвременной дисконтный фактор, параметры  $\rho, \delta, \varphi$  определяют эластичности

$$C^w(i) = \left[ \frac{P_l(i)}{P_{ll}} \right]^{-\mu} \left( \frac{P_{ll}}{P_l} \right)^{-\mu} C^w. \quad (9)$$

Для товара  $I \in J_l$ , произведенного в стране  $l$ . Здесь  $C^w$  – глобальный индекс потребления всех товаров.

*Домохозяйства.* В стране  $k$  представительное домохозяйство имеет дисконтированную полезность

функции полезности по соответствующим переменным.

Представительное домохозяйство ( $i$ ) максимизирует полезность (10) при бюджетных ограничениях

$$P_{kt} C_{kt} + M_{kt} + B_{kt} + P_{kt} \tau_{kt} \leq W_{kt} L_{kt} + (1 + i_{kt-1}) B_{kt-1} + M_{kt-1} + \Pi_{kt}. \quad (11)$$

Здесь для страны  $k$  и периода  $t$  обозначены:  $W_{kt}$  – номинальная заработная плата на совершенном рынке труда, одинаковая для всех домохозяйств,  $i_{kt-1}$  – номинальная процентная ставка для временного интервала от  $t-1$  до  $t$  для безрисковых однопериодных негосударственных облигаций  $B_{kt-1}$  в отечественной валюте. Деньги  $M_{kt}$  не дают номинального дохода.

$\Pi_{kt}$  – прибыль представительного домохозяйства,  $\tau$  – реальные неискажающие аккордные налоги. Индекс домохозяйства  $i \in J_k$  опущен для упрощения записи.

Используя функцию Лагранжа для задачи максимизации дисконтированной полезности домохозяйства (10) при ограничениях (11), получим условия оптимальности:

$$\frac{C_{kt}^{-\rho}}{P_{kt}} = \beta(1 + i_{kt}) E_t \left[ \frac{C_{kt+1}^{-\rho}}{P_{kt+1}} \right], \quad \vartheta_k \frac{L_{kt}^{\varphi}}{C_{kt}^{-\rho}} = \frac{W_{kt}}{P_{kt}}, \quad \frac{\omega \left( \frac{M_{kt}}{P_{kt}} \right)^{-\delta}}{C_{kt}^{-\rho}} = \frac{i_{kt}}{1 + i_{kt}}. \quad (12)$$

Условия (12) справедливы для каждой страны  $k = 1, \dots, K$ .

*Фирмы.* Предполагается, что каждое домохозяйство является также производителем товара  $i \in J_k$ . Товары считаются диверсифицированными, следовательно, каждая такая фирма обладает рыночной властью. В простом варианте выпуск каждой фирмы  $i \in J_k$  определяется производственной функцией  $Y_{kt}(i) = A_{kt} L_{kt}(i)$ . Величина  $A_{kt}$  задает влияние шока

производительности. Допускается, что по разным странам эти величины могут быть коррелированными.

Поведение  $A_{kt}$  описывается авторегрессионным процессом  $\ln A_{kt} = \rho_{ak} \ln A_{kt-1} + \varepsilon_{akt}$ ,  $\varepsilon_{akt} \sim i.i.d.(0, \sigma_{ak}^2)$ . Поскольку товары предполагаются диверсифицированными, фирма может в определенных пределах менять цену своего товара, т.е. имеет место монополистическая конкуренция. Рынки труда в странах

изолированные. Фирмы нанимают труд в своей стране. Для производственной функции прибыль фирмы  $\Pi_{kt}(i) = P_{kt}(i)Y_{kt}(i) - W_{kt}L_{kt}(i)$ . Величина  $MC_{kt} = \frac{W_{kt}}{A_{kt}P_{kt}(i)}$  представляют собой реальные предельные издержки фирмы. Оптимальный объем производства товара  $i \in J_k$  определяется из условия максимизации  $\Pi_{kt}(i)$  по  $Y_{kt}(i)$ . Рассмотрим случай гибких цен, т.е. все фирмы в каждом периоде  $t$  оптимальным образом подстраивают свои цены. Тогда все производители устанавливают одинаковые цены,  $P_{kt}(i) = P_{kt}$ . Так как только фирма

$i$  производит данный товар, то в равновесии объем производства должен быть равен величине мирового спроса на него, т.е.  $Y_{kt}(i) = C_t^w(i)$ . Получим, что реальные предельные издержки производства в случае гибких цен одинаковы для всех производителей по всем странам:  $\bar{MC} = \frac{\eta-1}{\eta}$ , где  $\eta$  – эластичность спроса на товар по цене.

*Равновесие при гибких ценах.* Условие очищения рынка товара  $i$  заключается в равенстве предложения этого товара объему суммарного спроса по всем странам:

$$Y_{kt}(i) = \sum_{l=1}^K n_l C_{lt}(i), \quad i \in J_k, \quad k = 1, \dots, K.$$

Считается, что потребление распределено по странам пропорционально численности населения. Через  $S_{klt}$  обозначим условие торговли между странами  $k$  и  $l$ . Предполагается, что правительство поддерживает бездефицитный государственный бюджет, т.е.  $M_{kt} = M_{kt-1} - P_{kt}\tau_{kt}$ . Каждая страна потребляет в точности свой реальный доход. Отсюда следует

$$\tilde{Y}_{kl} = A_{kt}^{\varphi+\rho} \chi^{\frac{-1}{\varphi+\rho}} \left(\frac{\eta-1}{\eta}\right)^{\frac{1}{\varphi+\rho}} \prod_{l=1}^K \left[ S_{klt}^{\frac{\rho(n_l-1)}{\varphi+\rho}} \right] \quad (14)$$

Он зависит положительно от общей производительности и отрицательно от условий торговли страны с другими странами, т.к.  $n_l < 1$ .

*Динамическая кривая IS.* Пусть теперь в дополнение к монополистической конкуренции присутствует номинальная жесткость цен. Так как это сделано во многих работах по динамическому стохастическому равновесию, используется механизм установления цен, предложенный Calvo (1983). Для страны  $k$  в первое уравнение Эйлера (15) подставим реальное потребление  $C_{kt}$  из уравнения (20):

$$C_{kt} = \frac{P_{kkt}Y_{kt}}{\prod_{l=1}^K S_{klt}^{n_l}} = \prod_{l=1}^K S_{klt}^{-n_l} Y_{kt} \quad (13)$$

Используя производственную функцию, можно вычислить равновесный выпуск при гибких ценах.

$$\prod_{l=1}^K (S_{klt}^{\rho n_l}) Y_{kt}^{-\rho} = \beta(1+i_{kt})P_{kt}E_t \left[ \frac{1}{P_{kt+1}} \prod_{l=1}^K (S_{klt+1}^{\rho n_l}) Y_{kt+1}^{-\rho} \right].$$

В устойчивом состоянии экономики обозначим через  $\bar{Y}_k$  выпуск, через  $\bar{S}_{kl}$  – условия торговли страны  $k$  со страной  $l$ ,  $\bar{i}_k$  – номинальную процентную ставку,  $\bar{P}_k$  – индекс цен товаров в стране  $k$ . Запишем также уравнение для устойчивого состояния экономики и найдем отношение левых и правых частей этих двух уравнений. Затем выполним лог-

линеризацию этого уравнения. Прологарифмируем его обе части. Обозначим:  $s_{klt} = \ln S_{klt}$ ,  $y_{kt} = \ln Y_{kt}$ ,  $\bar{s}_{kl} = \ln \bar{S}_{kl}$ ,  $\bar{y}_k = \ln \bar{Y}_k$ ,  $p_{kt} = \ln P_{kt}$ ,  $\bar{p}_k = \ln \bar{P}_k$ . Заметим, что разность  $\pi_{kt+1} = p_{kt+1} - p_{kt}$  представляет собой темп инфляции в периоде  $t+1$ . Используя свойства логарифмов, получим уравнение:

$$\hat{y}_{kt} = E_t[\hat{y}_{kt+1}] + \frac{1}{\rho} E_t[\pi_{kt+1} - \hat{i}_{kt}] - \sum_{l=1}^K n_l E_t[\Delta s_{klt+1}], \quad k = 1, \dots, K. \quad (15)$$

Это уравнение динамической кривой IS. Оно задает совокупный спрос в стране  $k$ . В периоде  $t$  совокупный спрос возрастет, если ожидаемый выпуск в периоде  $t+1$  окажется выше его устойчивого состояния. Ожидание роста инфляции также повысит текущий спрос на отечественные товары. А ожидаемое улучшение условий торговли с остальными странам, т.е. положительное значение  $\Delta s_{klt+1}$  приведет к

$$E_t \left\{ \sum_{s=t}^{\infty} \theta^{s-t} \beta^{s-t} \left( \frac{C_s^w}{C_t^w} \right)^{-\rho} \left[ \frac{P_{kt}(i)}{P_{kks}} Y_{ks}(i) - MC_{ks} Y_{ks}(i) \right] \right\}.$$

Здесь  $\beta^{s-t} \left( \frac{C_s^w}{C_t^w} \right)^{-\rho}$  – стохастический дисконтный фактор, который представляет собой предельную норму замещения глобального потребления между периодами  $s$  и  $t$ ,  $MC_{ks}$  – пре-

сужению текущего совокупного спроса, поскольку цены импортных товаров станут относительно выше цен отечественных товаров.

*Неокейнсианская кривая Филлипса.* В соответствии с механизмом коррекции цен Calvo [7] производитель  $i$  меняет цену в каждом периоде с вероятностью  $1 - \theta$ , максимизируя ожидаемую прибыль по цене  $P_t(i)$ :

дельные издержки производства в стране  $k$  периода  $s$ . С вероятностью  $\theta^{s-t}$  цена производителя в периоде  $s > t$  остается равной  $P_{kt}(i)$ ,  $i \in J_k$ . Путем преобразований получим уравнение

$$\pi_{kkt} = \beta E_t[\pi_{kkt+1}] + \frac{(1 - \theta\beta)(1 - \theta)}{\theta} \widehat{m}c_t. \quad (16)$$

Это неокейнсианская кривая Филлипса для страны  $k$ . Здесь  $\widehat{m}c_t = mc_t - \bar{m}c_t$ . Обратим внимание на различия в определении темпа инфляции в уравнении Филлипса и в уравнении динамической кривой IS. Темп инфляции  $\pi_{kt}$  определяется по индексу потребительских цен, а в уравнении (16)  $\pi_{kkt}$  представляет темп инфляции по ценам товаров, производимых в стра-

не  $k$ .

Перейдем к отклонениям выпуска при жестких ценах от выпуска при гибких ценах:  $x_{kt} = \hat{y}_{kt} - \hat{y}_{kt}$ . Перепишем уравнение (15) динамической кривой IS, используя отклонение выпуска при жестких ценах от выпуска при гибких ценах:

$$x_{kt} = E_t[x_{kt+1}] + \frac{1}{\rho} (E_t[\pi_{kkt+1}] - \hat{i}_{kt}) + \frac{\varphi + 1}{\varphi + \rho} E_t[\Delta a_{kt+1}] + \frac{\varphi(1 - \rho)}{\rho(\varphi + \rho)} \sum_{l=1}^K n_l E_t[\Delta s_{klt+1}]. \quad (17)$$

А также уравнение (16) неоклассической кривой Филлипса:

$$\pi_{kkt} = \beta E_t[\pi_{kkt+1}] + \frac{(1 - \theta\beta)(1 - \theta)}{\theta} (\varphi + \rho)x_t + u_{kt}, \quad (18)$$

где  $u_{kt}$  есть авторегрессионный процесс  $u_{kt} = \rho_{uk} u_{kt-1} + v_{kt}$ ,  $v_{kt} \sim iid(0, \sigma_{vk}^2)$ . Для исключения

валютных спекуляций должны выполняться условия непокрытого процентного арбитража:

$$1 + i_{kt} = (1 + i_{lt}) \frac{E_t[\mathcal{E}_{klt+1}]}{\mathcal{E}_{klt}}, \quad k \neq l.$$

Применяя лог-линеаризацию с учетом условий торговли, получим уравнение:

$$\Delta s_{klt} = \hat{i}_{kt-1} - \hat{i}_{lt-1} + \pi_{llt} - \pi_{kkt}, \quad k \neq l. \quad (19)$$

Заметим, что  $\Delta s_{lkt} = -\Delta s_{klt}$ , а также связь между приращениями логарифмов условий торговли между странами  $\Delta s_{lmt} = \Delta s_{kmt} - \Delta s_{klt}$ . Следовательно, независимых  $\Delta s_{klt}$  всего  $K-1$ , например,  $\Delta s_{1lt}$ ,  $l=2, \dots, K$ . Остальные величины  $\Delta s_{mlt}$  выражаются через них.

$$i_{kt} = \psi_{\pi k} \pi_{kkt} + \psi_{x_t} x_{kt} + \psi_{i_k} \hat{i}_{kt-1} + v_{kt}, \quad k = 1, \dots, K. \quad (20)$$

Предполагается, что динамика  $v_{kt}$  определяется экзогенно авторегрессионным процессом первого порядка

$$v_{kt} = \rho_v v_{kt-1} + v_{vkt}, \quad v_{vkt} \sim iid(0, \sigma_{kv}^2).$$

Таким образом, модель  $K$  стран описывается  $4K-1$  уравнениями (17)-(20) и содержит столько же переменных, если учесть связи (19) между приращениями логарифмов условий торговли. Статистические данные для построения модели динамического стохастического равновесия для трех стран были собраны по данным IFS Международного валютного фонда, Всемирного Банка, Агентства РК по статистике, Национального банка РК [15 - 18].

*Модель динамического стохастического общего равновесия трех стран.*

Разработанную модель нескольких стран конкретизируем для трех стран (регионов). Модель оценивалась по статистическим данным Казахстана (страна Н), России (страна F), Европейский союз (страна G) Международного валютного фонда, Всемирного Банка, Агентства РК по статистике, Национального банка РК. В частности, пропорционально численности населения приняты значения

$$n_H = 0.03, \quad n_F = 0.22, \quad n_G = 0.75.$$

Действительно, Казахстан является относительно малой страной. На рисунках 1-2 показано, как на шоки в каждой стране реагируют макроэкономические показатели в этой стране и в остальных странах. Технологический шока в стране Н первоначально снижает выпуск в самой стране Н и увеличивает выпуск в странах F и G (рис. 1).

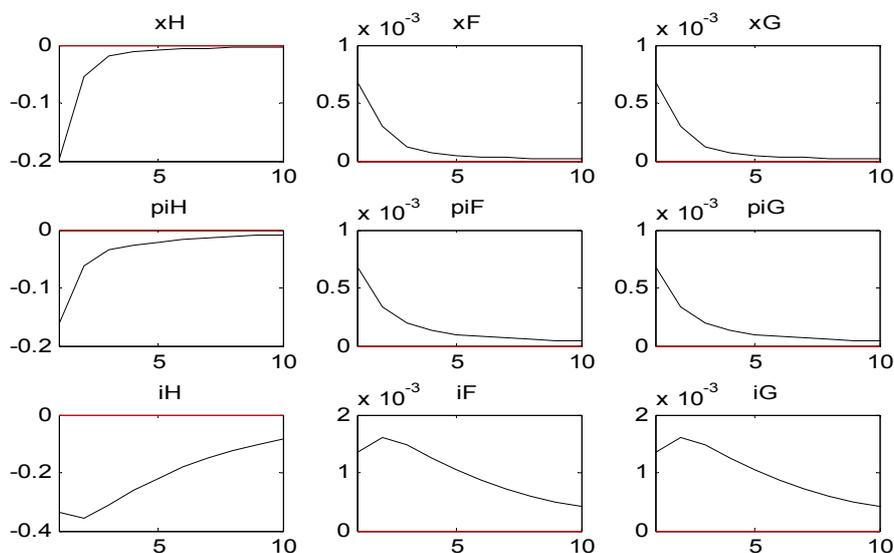
К уравнениям (17)-(19) следует добавить уравнения, определяющие движения процентных ставок. Согласно правилу монетарной политики Тейлора [14], процентные ставки устанавливаются центральными банками в соответствии с формулой следующего вида:

Такое же воздействие оказывается и на темпы инфляции. Процентная ставка в стране Н уменьшается, а в странах F и G возрастает. Однако, заметим, что влияние этого шока в странах F и G на три порядка слабее, чем в стране Н. Ситуация аналогична в случае технологического шока в стране F. Но масштабы другие. Влияние технологического шока на макроэкономические показатели в стране F и в стране Н одного порядка, а в стране G на три порядка слабее.

Как показано на рисунке 2, графики реагирования макроэкономических показателей на технологический шок в стране G подобны графикам функций импульсной отдачи при шоках в странах Н и F, но в отличие от них оклики во всех трех странах одного порядка. Здесь проявляется размер страны G относительно стран Н и F.

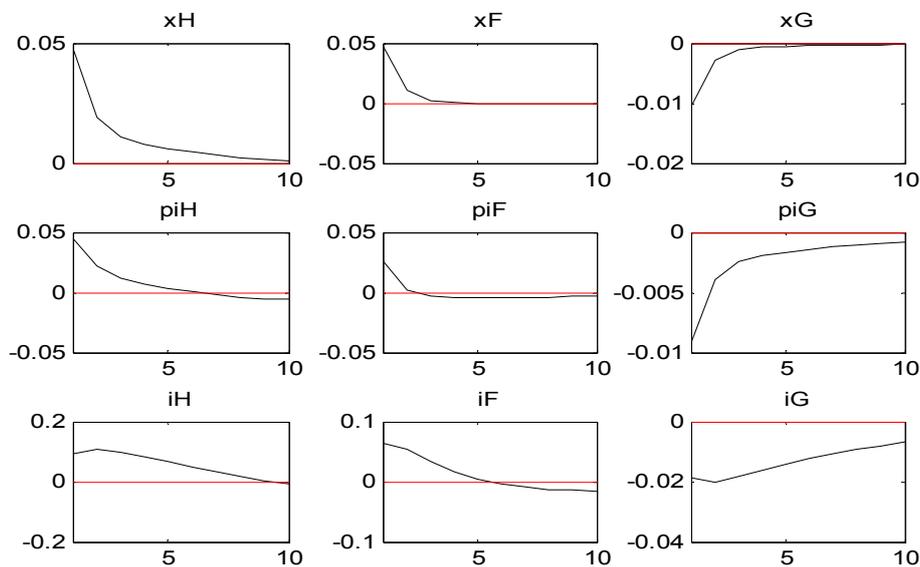
Влияние шока издержек производства также можно представить на рисунках. В стране, в которой такой шок произошел, возникает спад производства, повышаются инфляция и процентная ставка, а в остальных странах также наблюдается спад производства и снижение инфляции и процентной ставки. Но последствия шока издержек производства в стране Н на четыре порядка слабее в странах F и G, чем в самой стране Н. Последствия такого шока в стране F для страны Н и страны F одного порядка, однако, они на четыре порядка слабее для страны G.

А шок издержек производства в стране G для стран Н и F на три порядка слабее, чем для самой страны G. Здесь заметны отличия последствий шока издержек производства от последствий технологического шока. Он существенно слабее передается в другие страны по сравнению с технологическим шоком.



**Рисунок 1** – Влияние технологического шока в стране H

Примечание:  $x_H, x_F, x_G$  – отклонения выпуска при жестких ценах от выпуска при гибких ценах в логарифмах,  $\pi_H, \pi_F, \pi_G$  – темпы инфляции по индексу цен производителей,  $i_H, i_F, i_G$  – отклонения процентной ставки от ее значения в устойчивом состоянии для стран H, F, G соответственно.



**Рисунок 2** – Влияние технологического шока в стране G

Примечание:  $x_H, x_F, x_G$  – отклонения выпуска при жестких ценах от выпуска при гибких ценах в логарифмах,  $\pi_H, \pi_F, \pi_G$  – темпы инфляции по индексу цен производителей,  $i_H, i_F, i_G$  – отклонения процентной ставки от ее значения в устойчивом состоянии для стран H, F, G соответственно.

Монетарный шок ведет к сокращению выпуска, снижению инфляции и процентной ставки как в самой стране, так и в других странах. Но в этих других странах последствия в три-четыре раза слабее, чем в стране происхождения шока.

### Заключение

В статье представлена модель динамического стохастического равновесия для нескольких стран с кратким математическим обоснованием. Данная модель оценена для случая трех стран (регионов) по статистическим данным Казахстана, России и Европейского союза за 1995-2012 годы. Использовались данные IFS Между-

народного валютного фонда, Всемирного Банка, Агентства РК по статистике, Национального банка РК. Часть параметров модели оценивалась байесовским подходом с использованием алгоритма Метрополиса-Хастинга. Выполнена симуляция модели по различным вариантам макроэкономической политики этих стран. Рассматривалось влияние технологических шоков, шоков издержек производства, монетарных шоков в стране и в других странах на динамику макроэкономических переменных. Величины откликов на шоки существенно зависят от относительных размеров стран. Модель может развиваться в различных направлениях. В частности, можно учесть влияние производства и экспорта нефти на экономику страны.

### Литература

- 1 Obstfeld M., Rogoff K. Risk and Exchange Rates // Conference paper in honor of Assaf Razin. – Tel-Aviv university. – 2001. – P. 1-51.
- 2 Gorsetti C., Pezenty P. (2001). Welfare and Macroeconomic Interdependence // Quarterly Journal of Economics. – Vol. 116. – P. 421-446.
- 3 Kolasa M. Structural heterogeneity or asymmetric shocks? Poland and the euro area through the lens of a two-country DSGE model // National Bank of Poland. – 2008. – Working Paper No. 49. – 42 p.
- 4 Gunter U. (2009) Macroeconomic Interdependence in a Two-Country DSGE Model under Diverging Interest-Rate Rules. Austria: University of Vienna. Working Paper No: 0903. – P. 1-38.
- 5 Smets F., Wouters R. An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area // Journal of the European Economic Association. – 2003. – Vol. 1, No. 5. – P. 123-1175.
- 6 Kydland F. E., Prescott E. C. Time to build and aggregate fluctuations // Econometrica. – 1982. – Vol. 50. – P. 1345-1370.
- 7 Calvo G. Staggered prices in a utility maximizing framework // Journal of Monetary Economics. – 1983. – №12. – P. 383-398.
- 8 Lucas R. E. Econometric Policy Evaluation: A Critique // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. – 1976. – Vol.1. – P. 19-46.
- 9 Kumhof M., Laxton D., Muir D., Mursula S. The Global Integrated Monetary and Fiscal Model (GIMF) / IMF Working Paper. – 2010. – WP 1034.
- 10 Dib A. An estimated Canadian DSGE model with nominal and real rigidities // Bank of Canada Working Paper. – 2001. – 26 p.
- 11 Medina J., Soto C. The Chilean business cycle through the lens of a stochastic general equilibrium model // Central Bank of Chile Working Papers. – 2007. – No. 457. – P. 1-39.
- 12 Galí J., Monacelli T. Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy // The Review of Economic Studies. – 2005. – Vol. 72. – No. 3. – P. 707-734.
- 13 Curdia V., Woodford M. Credit spreads and monetary policy // Journal of Money, Credit and Banking. – 2010. – Vol. 42. – No.1. – P. 3-35.
- 14 Taylor J.B. Discretion versus Policy Rules in Practice, Carnegie-Rochester Conference series on Public Policy. – 1993. – 39. – P. 195-214.
- 15 Международный Валютный Фонд. <http://www.imf.org/ifs>.
- 16 Всемирный Банк. <http://www.worldbank.org>.
- 17 Агентство РК по статистике. <http://www.stat.gov.kz>.
- 18 Национальный банк Республики Казахстан. <http://www.nationalbank.kz>.

### References

- 1 Obstfeld M., Rogoff K. Risk and Exchange Rates // Conference paper in honor of Assaf Razin. – Tel-Aviv university. – 2001. – P. 1-51.
- 2 Gorsetti C., Pezenty P. (2001). Welfare and Macroeconomic Interdependence // Quarterly Journal of Economics. – Vol. 116. – P. 421-446.
- 3 Kolasa M. Structural heterogeneity or asymmetric shocks? Poland and the euro area through the lens of a two-country DSGE model// National Bank of Poland. – 2008. – Working Paper No. 49. – 42 p.
- 4 Gunter U. (2009) Macroeconomic Interdependence in a Two-Country DSGE Model under Diverging Interest-Rate Rules. Austria: University of Vienna. Working Paper No: 0903. – P. 1-38.
- 5 Smets F., Wouters R. An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area // Journal of the European Economic Association. – 2003. – Vol. 1, No. 5. – P. 123-1175.
- 6 Kydland F. E., Prescott E. C. Time to build and aggregate fluctuations // Econometrica. – 1982. – Vol. 50. – P. 1345-1370.
- 7 Calvo G. Staggered prices in a utility maximizing framework // Journal of Monetary Economics. – 1983. – №12. – P. 383–398.
- 8 Lucas R. E. Econometric Policy Evaluation: A Critique // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. – 1976. – Vol.1. – P. 19-46.
- 9 Kumhof M., Laxton D., Muir D., Mursula S. The Global Integrated Monetary and Fiscal Model (GIMF) / IMF Working Paper. – 2010. – WP 1034.
- 10 Dib A. An estimated Canadian DSGE model with nominal and real rigidities // Bank of Canada Working Paper. – 2001. – 26 p.
- 11 Medina J., Soto C. The Chilean business cycle through the lens of a stochastic general equilibrium model // Central Bank of Chile Working Papers. – 2007. – No. 457. – P. 1-39.
- 12 Galí J., Monacelli T. Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy // The Review of Economic Studies. – 2005. – Vol. 72. – No. 3. – P. 707–734.
- 13 Curdia V., Woodford M. Credit spreads and monetary policy // Journal of Money, Credit and Banking. – 2010. – Vol. 42. – No.1. – P. 3-35.